Das Abwasser von Erlangen und die Regnitz an der Einmündung des Hauptsiels.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Walther Preu
aus Künzelsau (Württemberg).

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Juli 1904.

ACAD. LUDD RAT. BIBL

Erlangen.
K. b. Hof- u. Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1905.

93

Dem Andenken
meiner lieben Mutter.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 7
Die Fäkalienbeseitigung und die Kanalisation von Erlangen 9
Der Vorfluter 12
Kurze Beschreibung der Regnitz vom Ursprung bis zur Mündung 12
Die Regnitz bei Erlangen 15
Die Einmündung der Abwässer in die Regnitz 16
Die physikalische und chemische Untersuchung 17
Die Entnahme und Konservierung der Proben von:
Sielwasser 17
Flußwasser 19
Flußboden 19
Die angewandten Methoden 20
Das Ergebnis der chemischen Untersuchung von:
Sielwasser 23
Flußwasser 26
Flußboden 33
Die mikroskopische Untersuchung von Wasser und Boden des Flusses 34
Die bakteriologische Untersuchung von:
Abwasser 39
Flußwasser 41
Untersuchung auf Bakterien der Koligruppe 43
Die Sauerstoffzehrung in Proben von Fluß- und Abwasser 45
Schluß 55

Einleitung.

Die Flußverunreinigungen interessieren heute die Anlieger, die Landwirtschaft, die Industrie, technische und wissenschaftliche Kreise; es sind verschiedene Gesetze und Verordnungen erlassen worden, denen zufolge ein Abwasser vor dem Einfluß in den Vorfluter eine gehörige Reinigung zu erfahren habe.

Was in der neueren Zeit in Vorfluter eingeleitet wird, unterliegt auch tatsächlich einer vorherigen mehr oder minder eingreifenden Reinigung; aber Anlagen aus früheren Zeiten entbehrten irgend welcher Vorrichtungen in dieser Beziehung. So ist man bekanntlich in München bei der Einführung der Vollkanalisation daran gegangen, alles skrupellos der Isar zu überantworten. Nach diesem Vorgehen glaubte man auch anderwärts, da sich in der ersten Zeit berechtigte Klagen nicht emporzuringen vermochten, dem Beispiele Münchens folgen zu dürfen, wenn die Verdünnung zum mindesten das Verhältnis 1:15 erfuhr und der Lauf des Vorfluters wesentlich schneller war als der des Sielinhalts.

Aus jener Zeit stammt die Kanalisation der Stadt Erlangen, die die Abwässer der ganzen Stadt der Regnitz zuführt. Allerdings hatte sich schon damals die Ansicht aufgedrängt, daß es bedenklich sei, die Fäkalien einer Bevölkerung dem Vorfluter mit zu übergeben, wenn er nicht besonders viel Wasser führt, obwohl man sich noch vielfach auf die Pettenkofersche Meinung stützen konnte, derzufolge das Verhältnis zwischen Fäkalien und Kanalwasser so gering sei, daß es praktisch für

die Mitführung oder Weglassung der Exkremente nicht in die Wagschale falle.

Die ersten Einwände, die man gegen ihre Einleitung machte, waren besonders schwerwiegend und berücksichtigten ausschließlich die Infektionsgefahr, insbesondere seitdem Koch bei der Untersuchung der Ursache der Choleraepidemie der Irrenanstalt Nietleben 25 km unterhalb in der Saale noch Choleravibrionen hatte nachweisen können. Die Infektionsgefahr beschränkt sich übrigens lediglich auf die mit Kot und Harn ausgeschiedenen und vom Verdauungskanal aus in den Körper eindringenden Mikroorganismen und hat außerdem nur dann eine praktisch wichtige Bedeutung, wenn ganze Ortschaften oder Schiffer ihr Wasser direkt dem Flusse entnehmen.

Allmählich aber regen sich auch die Stimmen in der Richtung, daß die Verschlammung und Verschmutzung der Wasserläufe hauptsächlich durch Fäkalien bedingt werde trotz ihrer scheinbar geringen Menge, bei der man jedoch die tierischen Fäkalien nicht außer acht lassen darf. In neuerer Zeit war es insbesondere Rubner, der auf die Wichtigkeit dieses Teils als Verschmutzungsquelle hinwies.

Ich will hier der Kürze halber die einschlägigen, gedrängt gefaßten Sätze aus dem Lehrbuch der Hygiene von Heim[1]) wiedergeben:

„Die Ansicht von dem geringen Einfluß der Exkremente hat v. Pettenkofer mit Nachdruck vertreten; ihr zufolge wurde die heute noch unverändert bestehende Einleitung aller Abwässer Münchens in die Isar durchgeführt. Nach Heiden betragen die Fäkalien pro Kopf und Jahr 48 kg, der Harn 438 kg, zusammen 486 kg, die übrigen Abwässer wenigstens 30000 kg; daraus berechnet sich ein Prozentgehalt der Abwässer an Kot und Harn von kaum 2% und von Kot allein sogar nur von 0,2%. Es berechnete an organischer Substanz:

Heiden 30,3 g aus Kot, 63,0 g aus Harn;
Rubner 21,8 g „ „ 17,1 g „ „

Rubners Zahlen stützen sich auf das mittlere Körpergewicht, die Ernährung und die bei ihr gefundene Größe der

---

[1]) Ludwig Heim, Lehrbuch der Hygiene (Stuttgart 1903, Ferdinand Enke), S. 206.

Ausscheidungen der Bevölkerung Berlins. Trotz dieser geringeren Werte war in dem aus dem Sielwasser erhaltenen Eisenniederschlag der suspendierten und eines Teiles der gelösten Substanzen ein großer Anteil als Kot anzusehen; denn seine Zusammensetzung zeigte eine auffallende Ähnlichkeit mit den Fäkalien des Menschen (A. H. Bd. 46, S. 48).

Auch die gröberen Schwebestoffe erwiesen sich wenigstens bei der bakteriologischen Untersuchung im Keimgehalt gleichwertig mit Fäzes (Spitta, A. H. Bd. 46, S. 64).

Die Fäkalienbeseitigung und die Kanalisation in Erlangen.

In Erlangen ist den Hausbesitzern durch ortspolizeiliche Vorschrift vom 19. September 1881 der Anschluß an die Kanalisation zur Aufgabe gemacht. Die Fäkalien sind von der Einleitung ausgeschlossen, sie werden in Gruben geleitet und von Zeit zu Zeit nach einer Zentralsammelstelle abgefahren, die etwa 2 km südwestlich der Stadt liegt, und aus der sich die Bauern nach Bedarf den Dünger holen. Die Leerung von Abortgruben darf laut ortspolizeilicher Vorschrift vom 25. Juni 1896 nur auf pneumatischem Wege durch die städtische Grubenreinigungsanstalt erfolgen. Die Spülaborte entleeren ihre Abgänge in die Gruben, die nach der ortspolizeilichen Vorschrift vom 15. Juli 1897 Klärung und Überlauf in das städtische Kanalnetz haben. Nach Ziffer 4, 5 und 6 der ebengenannten Vorschrift ist die Einrichtung folgende:

4. Die Grubenanlage weicht in ihrer baulichen Einrichtung nur insofern von einer gewöhnlichen Abortgrube ab, als die Grube durch eine von der Höhe des Überlaufs etwa einen halben Meter hinabreichende Zwischenwand geteilt ist. Im oberen Teil der Grube befindet sich ein Behälter zur Aufnahme der Klär- und Desinfektionsmittel, welche durch den Einsteigschacht der Grube eingebracht werden können.

Die Klosettspülvorrichtungen sind derart einzurichten, daß beim Spülen der Klosetts auch dem in der Grube befindlichen, mit Desinfektionsmitteln gefüllten Behälter durch eine von den Spülvorrichtungen ausgehende und in den Behälter mündende Rohrleitung Wasser zugeführt wird.

Die Bedienung der Aborte und Desinfektion der Fäkalien geschieht in folgender Weise:

Nach Benützung eines Klosetts wird die Spülvorrichtung in Tätigkeit gesetzt, und damit werden einesteils die Fäkalien durch die Fallrohrleitung des Aborts in die erste Abteilung der Grube abgeschwemmt, andernteils wird dem bis zum Rande mit Desinfektionsmasse gefüllten Behälter Wasser

zugeführt. Das Wasser rührt die Desinfektionsmasse auf und bringt den Behälter zum Überlaufen, so daß ein Teil der Desinfektionsmasse in die Klärgrube gelangt. Hier findet eine Mischung der Klärmittel mit den soeben zugeflossenen Fäkalien und sodann die Ausscheidung des größten Teils der festen Stoffe durch Niederschlag statt, während die Flüssigkeit aus der ersten in die zweite Abteilung der Klärgrube übergeht, woselbst sie den Rest der festen Stoffe durch denselben Vorgang verliert. Aus der zweiten Abteilung der Klärgrube gelangt die Flüssigkeit durch ein enges Gitter in einen Reinigungsschacht mit Siphon in den Ablaufkanal.

Nach jeweiligem Verbrauch sind die Klär- und Desinfektionsmittel in dem oben genannten, für die Aufnahme bestimmten Gefäße zu ergänzen.

5. Als Desinfektions- und Klärmittel sind Kalkhydrat und Tonerdehydrat in Mischung oder andere von der Polizeibehörde jeweils zugelassene Mittel zu verwenden.

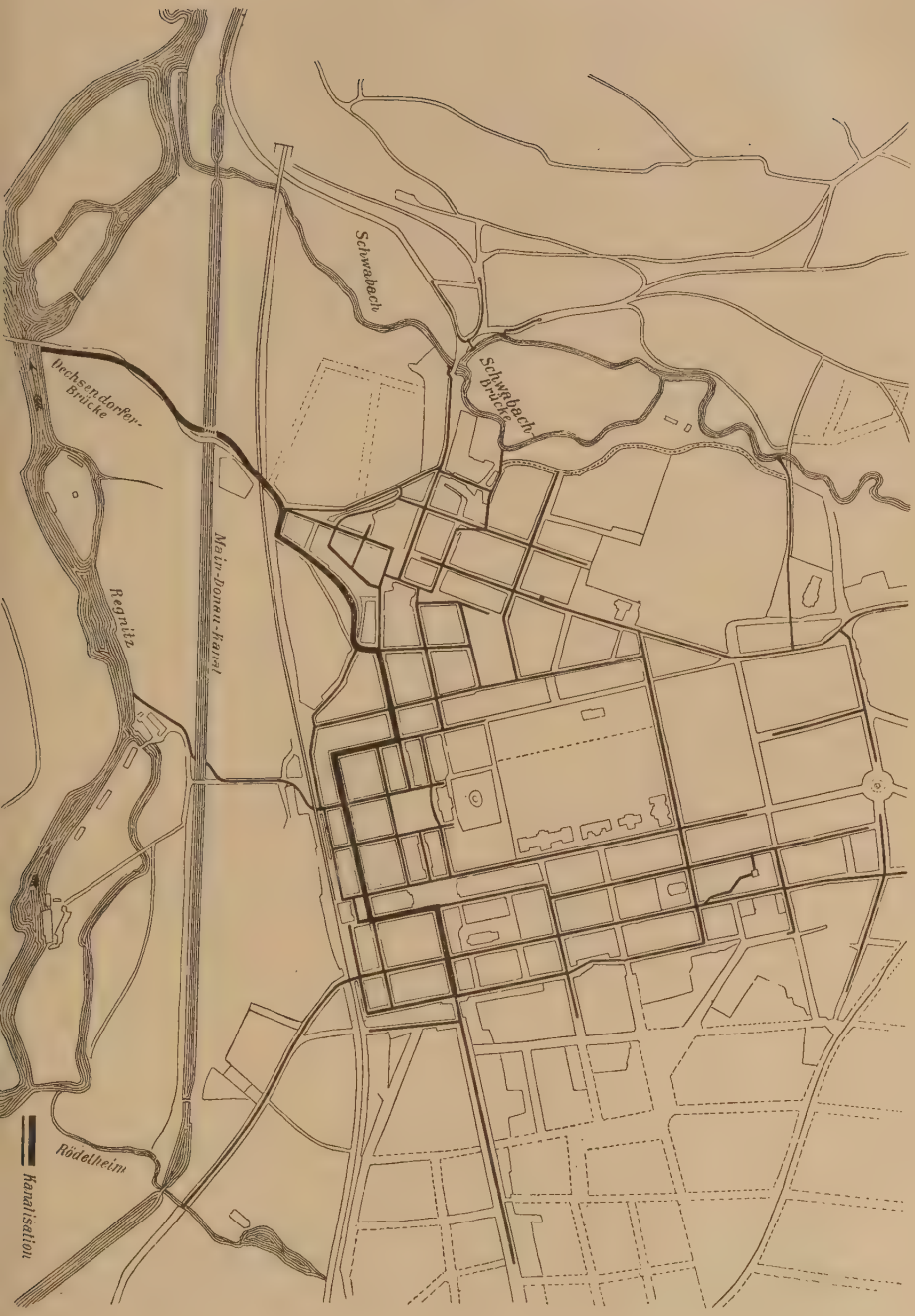
6. Die Desinfektion des Grubeninhalts und die Überwachung der Abortanlage geschieht durch städtische Bedienstete. Für diese Tätigkeit hat der Hausbesitzer an die Stadtkasse eine von dem Stadtmagistrat jeweils festzusetzende Gebühr alljährlich zu entrichten.

Die beifolgende Tafel (Fig. 1) zeigt das Kanalnetz der Stadt und insbesondere seine Einmündung in den Vorfluter. Sie ist nach einer Kopie des Kanalisationsplans vom Jahre 1884 angefertigt, der mir durch Herrn Stadtbaurat Kreuter in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurde. Der Plan ist seit 1884 nicht oder nur sporadisch ergänzt worden und infolgedessen unvollständig geblieben, namentlich hinsichtlich der Erweiterungen, die die Stadt in den letzten 25 Jahren erfahren hat. Immerhin ist aus ihm zu ersehen, wie der Vorfluter an Erlangen vorbeifließt, und an welchen Stellen er Zuflüsse erhält.

Die Hauptmenge der städtischen Abwässer mündet durch einen Hauptsammler an der Dechsendorfer Brücke, dem einzigen Übergang über den Fluß im Weichbild der Stadt. Nachdem der Kanal kurz vorher die Abwässer des städtischen Schlachthofes aufgenommen hat, kreuzt er die Straße und ergießt sich am rechten Ufer unmittelbar oberhalb der Brücke in den Fluß.

An der Südseite der Stadt bringt der Rödelheim die Abwässer einiger Wohnhäuser und der Spinnerei mit; letztere ist nahe dem am untern Ende des Plans eingezeichneten kleinen Teich gelegen. Im übrigen sind die meisten Grundstücke der südlichen sog. Neustadt an den Hauptsammler angeschlossen. Der Rödelheim ist nur ein kleiner Bach, der aus dem südlich

Fig. 1.


Schwabach
Schwabach Brücke
Dechsendorfer Brücke
Main-Donau-Kanal
Regnitz
Rödelheim
Kanalisation

von Erlangen gelegenen Walde kommt und jenen kleinen Teich durchsetzt.

Etwa in der Mitte zwischen Rödelheim und Dechsendorfer Brücke führt ein offener, teils versumpfter, teils verkrauteter Graben stinkende Abwässer aus der zwischen Eisenbahn und Donau-Main-Kanal gelegenen Gerberei (Handschuhgerberei) in den Fluß.

Im nördlichen Stadtteil entwässern mehrere Anwesen in einen größeren Bach, in die Schwabach, die zwischen der Stadt und der Vorstadt Essenbach, dann unter der Eisenbahn und dem Ludwigs-Donau-Main-Kanal hindurch in die Regnitz fließt; die Einmündung ist am oberen Ende des Plans eben noch zu sehen.

Wie über die Größe des Kanalnetzes ein vollkommener Aufschluß seitens der Stadtverwaltung nicht zu bekommen war, so auch nicht über die Menge der täglichen Abwässer, denn Messungen sind nicht angestellt worden. So war ich lediglich auf eine überschlägige Berechnung angewiesen, die selbstverständlich nur zu einer ganz ungefähren Schätzung führen konnte.

Nach dem Tagebuch für die meteorologische Station Erlangen betrug die Niederschlagsmenge von August 1903 bis Juli 1904 einschließlich 606 mm. Die Grundfläche der Stadt Erlangen, soweit sie kanalisiert ist, beträgt ungefähr 1500000 qm.

Hieraus berechnet sich die Gesamtregenmenge auf das Stadtgebiet mit 909000 cbm.

Der Gesamtwasserverbrauch belief sich nach einer mündlichen Mitteilung des Direktors des städtischen Wasserwerks auf ungefähr 510000 cbm.

Aus diesen Zahlen ergibt sich eine Abwassermenge von ungefähr 1419000 cbm im ganzen Jahre oder von 45 Sekundenliter.

Der Vorfluter.

Kurze Beschreibung der Regnitz vom Ursprung bis zur Mündung.

Durch die Vereinigung der fränkischen Rezat, die an der Frankenhöhe entspringt, mit der schwäbischen Rezat, die am fränkischen Jura ihren Ursprung hat, entsteht bei Georgsgmünd die Rednitz. Diese nimmt oberhalb Fürth das Flüß-

chen Bibert auf und vereinigt sich bald unterhalb Fürth mit der Pegnitz, die von der fränkischen Schweiz kommt und kurz vor ihrer Einmündung durch Nürnberg geflossen ist. Die vereinigte Pegnitz-Rednitz führt von da ab den Namen Regnitz. Unterhalb Fürth fließt an der linken Seite die Zenn, unterhalb Forchheim die Aisch, reiche Ebrach, rauhe Ebrach und die Aurach ein. Auf der rechten Seite tritt bei Erlangen der Rödelheim und die Schwabach hinzu, weiter unten noch die aus der fränkischen Schweiz kommende Wiesent.

An den genannten Flüssen liegen folgende größere Städte und Ortschaften (die Einwohnerzahlen sind in Klammern beigefügt):

1. An der fränkischen Rezat:
   Ansbach (17563)
   Lichtenau (1431)
   Windsbach (1583)
   Spalt (1858).
2. An der schwäbischen Rezat:
   Weißenburg (6550)
   Pleinfeld (1280)
   Georgsgmünd (1580).
3. An der Rednitz:
   Roth (4049)
   Schwabach (9385)
   Fürth (54144).
4. An der Pegnitz:
   Pegnitz (2158)
   Velden (796)
   Hersbruck (4016)
   Lauf (4084)
   Nürnberg (261081).
5. An der Regnitz:
   Erlangen (22953)
   Baiersdorf (1308)
   Forchheim (7591)
   Bamberg (41823).

Die Gesamteinwohnerzahl dieser Orte beträgt vom Ursprung bis zur Mündung 445233; dabei sind verschiedene kleinere Orte nicht mitgerechnet, so daß sich die Gesamtzahl der An-

wohner an diesen Flüssen auf rund eine halbe Million belaufen wird.

Auf die oberhalb Erlangens gelegenen Strecken treffen einschließlich Erlangen 394511 Einwohner oder ungefähr $^7/_8$, ausschließlich Erlangen 371558 Einwohner oder ungefähr $^4/_5$ der Gesamteinwohnerzahl.

Etwa 40 km unterhalb liegt die Stadt Bamberg und etwa 5 km weiter abwärts mündet die Regnitz in den Main.

Nach einer im Kaiserlichen Gesundheitsamt bearbeiteten Karte von Städten des Deutschen Reichs mit mehr als 15000 Einwohnern, in der die Art und die Leistungsfähigkeit der Wasserversorgung in Litern pro Kopf und Tag angegeben und ferner die Art der Beseitigung der Abwässer zusammengestellt ist, sind die Verhältnisse für die einzelnen in betracht kommenden Städte im folgenden zusammengestellt.

Städte	Art der Wasserversorgung	Leistungsfähigkeit der Wasserversorgung pro Kopf und Tag	Art der Beseitigung der Abfallstoffe	Reinigung der Abwässer
Ansbach	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser; daneben Einzelversorgung durch Brunnen.	339 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben und Tonnen.	Nein.
Fürth	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	62 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben und Tonnen.	Nein.
Nürnberg	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	75 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben.	Nein.
Erlangen	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	98 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben.	Nein.
Bamberg	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	64 Liter	Ganz kanalisiert.	Klärung der Abwässer geplant, jedoch z. Z. noch nicht ausgeführt.

Die Regnitz bei Erlangen.

Die Regnitz fließt im Westen an der Stadt vorüber größtenteils durch Wiesengelände. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, werden durch Flußteilungen mehrere Inseln gebildet, auf deren oberster, südlicher, die Wöhrmühle sowie städtische und militärische Badeanstalten liegen und dicht nebenan, gleich oberhalb des aus der Gerberei kommenden Grabens, die Thalermühle. Auf der weiter flußabwärts gelegenen Insel befindet sich die Schmidtsche Badeanstalt, endlich einige hundert Meter unterhalb der Einmündung des Hauptsiels eine dritte und vierte Insel; auf letzterer steht das städtische Freibad und die Universitätsbadeanstalt, die jedoch wegen ihrer völlig unzweckmäßigen und bedenklichen Lage demnächst aufgegeben und ganz stromaufwärts eingerichtet werden soll.

Im Flusse sind, wie es in der ganzen Gegend gebräuchlich ist, an verschiedenen Stellen Staubalken eingelegt, oberhalb deren im Sommer Wasserschöpfräder (nach persischem Vorbilde) zur Bewässerung der Wiesen eingesetzt werden. Schon durch diese Bewässerungsanlagen ist ein Schiffverkehr unmöglich gemacht. Er vollzieht sich ausschließlich auf dem Ludwigskanal.

Die Wasserführung der Regnitz beträgt nach den Aufzeichnungen im k. bayer. hydrotechnischen Bureau bei:

	Geschwindigkeit von	in der Sekunde
Niederwasser	50 cm	15 cbm
Mittelwasser	60 „	30 „
Hochwasser	120 „	120 „

Zu einer außergewöhnlich trockenen Zeit, am 5. August 1904, habe ich beim Einfluß des Hauptkanals selbst eine Messung versucht und die Breite des Flusses zu 45 m, die Tiefe durchschnittlich zu 0,63 m[1]) bestimmt; für die Geschwindigkeit behielt ich die obige Angabe von 0,5 m bei und ermittelte so 14,175 cbm, was in Anbetracht des abnorm niedrigen Wasserstandes mit den Zahlen des genannten Bureaus gut übereinstimmt.

---

[1]) Am Pegel 0,5, in der Mitte 0,6—0,7, nahe am linken Ufer 0,7—0,8 m.

Die Einmündung der Abwässer in die Regnitz.

Der für die Abwässer fast ausschließlich in betracht kommende Hauptkanal mündet unter einem stumpfen Winkel von ungefähr 110—120° in die Regnitz und zwar bei gewöhnlichem, mittlerem oder niedrigem Stande in der gleichen Höhe mit dem Wasserspiegel des Flusses oder etwas unter ihm; irgend welche Sieb-, Abfang- oder Reinigungsvorrichtung ist nicht vorhanden. Unter Zugrundelegung der üben berechneten Wasserführung des Flusses und der früher berechneten Abwassermenge ergibt sich bei Niederwasser ein Verhältnis von Abwasser zu Flußwasser wie 45:14175 Sekundenliter, was einer Verdünnung von 1:315 entspricht. Durch Hochwasser kann, wie dies im vergangenem Jahre zweimal beobachtet wurde, der Kanalinhalt aufgestaut werden, so daß er durch die Schachtöffnungen auf die umgebenden Wiesen austritt und sie verschlammt.

Das Sielwasser hält sich im Flusse, wie dies später des Näheren nachgewiesen werden wird, am rechten Ufer; infolgedessen ist die Verunreinigung dieses Ufers und des kurz unterhalb des Einlaufs rechts abzweigenden Armes der Regnitz eine ziemliche Strecke weit schon mit bloßem Auge deutlich zu erkennen. Das Kanalwasser des Hauptschachtes zeigt eine Menge von groben und feinen Schwimm- und Schwebestoffen, die in den Fluß übertreten und dort längere Zeit sichtbar bleiben. Deutlich ist mitunter die Einwirkung des nahen Schlachthofes an den Abfällen von Fleisch und Blut zu erkennen, die zu gewissen Zeiten auftreten.

Außerdem steigen in der Umgebung der Mündung fortwährend Gasblasen auf, namentlich im Sommer bei niedrigem Wasserstande. Die Wasseroberfläche ist in der Umgebung der Sielmündung oft mit der bekannten dicken schaumigen, grauen Schwimmmasse bedeckt.

Die Schwabach nimmt an fünf Stellen im Bereich der Stadt kleine Zuflüsse von Abwässern auf, doch ist, wie bereits erwähnt, die Menge nur gering und die Verdünnung größer als beim südlich gelegenen Rödelheim. Die Zuflüsse münden durch Tonröhren senkrecht in der Höhe des Wasserspiegels ein. Trotzdem ist, wenigstens bei geringer Wasserführung und zu warmer Zeit an der Schwabachbrücke ein fauliger

Geruch wahrzunehmen, der von Seiten der Anwohner schon öfters zu Klagen Veranlassung gegeben hat.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich ausschließlich mit der Untersuchung des Inhalts des Hauptsiels, sowie mit der des Flußwassers direkt oberhalb und unterhalb der Sielmündung an der Dechsendorfer Brücke. Herr Professor Dr. Heim veranlaßte mich zu ihrer Ausführung, damit zunächst einmal die Veränderungen festgestellt werden, die der Fluß lediglich durch den Hauptkanal erfährt. Ob und inwieweit die Regnitz durch andere kleinere Abwasserzuflüsse behelligt wird, wie ihre Beschaffenheit oberhalb und unterhalb des Weichbildes der Stadt ist, soll Gegenstand einer späteren Untersuchung und einer anderen Abhandlung sein. Die Bearbeitung schon jenes beschränkten Gebietes beschäftigt einen einzelnen Untersucher, dem eine Hilfskraft nicht zur Verfügung steht, vollkommen.

Da seitens der städtischen Behörde nichts gegeben wurde als die Erlaubnis, die Untersuchung überhaupt vornehmen zu dürfen, und nicht einmal ein Fahrzeug gestellt werden konnte, so waren die Expeditionen auf dem einzig vorhandenen kleinen Kahne, der von einem Privatmann in dankenswerter Weise überlassen wurde, ohnehin nicht auf weitere Strecken ausdehnbar, zumal da im Sommer die Stauvorrichtungen für Wasserräder und Mühlen die freie Fahrt ziemlich behindern.

Die physikalische und chemische Untersuchung.

Die Entnahme und Konservierung der Proben.

Eine besondere Aufmerksamkeit richtete ich auf die Probenentnahme, nachdem ich in der einschlägigen Literatur bei anderen Fällen wiederholt gerügt fand, daß nähere Angaben über die Art und Weise der Schöpfung fehlten, daß nur Stichproben untersucht worden wären, oder daß die Ufer- und Strömungsverhältnisse nicht die ihnen zukommende Berücksichtigung erfahren hätten.

Das Sielwasser.

Das Sielwasser schöpfte ich aus einem 20 m vor der Mündung in den Fluß befindlichen Schacht und vereinigte immer 4 bis 6 zu verschiedenen Stunden herausgeholte Mengen. Die Verarbeitung konnte natürlich nicht sofort vorgenommen werden, denn einerseits verfloß eine gewisse Zeit bis zur Ankunft im

Laboratorium, anderseits ließen sich nicht sämtliche Bestimmungen zu gleicher Zeit in Angriff nehmen. Infolgedessen mußte man darauf bedacht sein, daß das Wasser in der Zwischenzeit keine die Untersuchungen beeinträchtigende Veränderungen einging.

Dieser Forderung ist man für bakteriologische Zwecke von Anfang an gerecht geworden, bei chemischen Arbeiten dachte man bis selbst in die neuere Zeit nicht daran, weil man mit der chemischen Zusammensetzung als mit etwas schwer Veränderlichem rechnete. Aber gerade das Gegenteil ist der Fall.

Proskauer und Thiesing[1]) sahen die Oxydierbarkeit in einem Falle binnen zwei Tagen um 42 % abnehmen; nach Große-Bohle[2]) „kann der Glühverlust (des filtrierten Wassers) bei einem mäßig verunreinigten städtischen Kanalwasser in wenig Stunden um 10 bis 20 %, beim Stehen über Nacht um 25 %, bei zweitägigem Aufbewahren um 30 bis 40 % abnehmen; die Salpetersäure verschwindet fast immer in wenig Stunden vollständig oder bis auf geringe Reste, während der Gehalt an salpetriger Säure zunächst zunimmt, um alsdann infolge weitergehender Reduktion wieder abzunehmen".

Große-Bohle prüfte nun das von anderen Autoren zur Konservierung von Abwasser empfohlene Chloroform und konnte nachweisen, daß nach dem Zusatz eine nur unwesentliche Veränderung des Glühverlusts selbst nach Monaten eingetreten war, und daß auch der Gehalt an Ammoniak, Salpetersäure, salpetriger Säure nach dreiwöchentlicher Aufbewahrung von Kölner Kanalwasser mit Chloroform nahezu dieselben Werte zeigte wie sofort nach der Entnahme.

Für die Bestimmung der Oxydierbarkeit und des in Form von Ammoniak und in organischer Bindung vorhandenen Stickstoffs sowie des organischen Kohlenstoffs soll man nach vorhergegangener Filtration durch Ansäuern mit Schwefelsäure konservieren.

---

[1]) Proskauer und Thiesing, Bericht über die Versuche, die in der Kläranlage Karolinenhöhe, System Oxydationsverfahren, bisher angestellt wurden. Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen, Bd. 21 Supplement, S. 225.

[2]) Große-Bohle, Beobachtungen auf dem Gebiete der Wasseruntersuchungen. Bericht über die 2. Jahresversammlung der freien Vereinigung deutscher Nahrungsmittelchemiker in Bonn 1903, S. 57.

Infolgedessen schied ich die geschöpften Proben sofort in zwei Teile; dem einen setzte ich 2 ccm Chloroform aufs Liter zu für die Bestimmung von Abdampfrückstand, Schwebestoff, Glühverlust, Salpetersäure und Chlor; dem anderen 2 ccm 25 %ige Schwefelsäure zur Bestimmung der Oxydierbarkeit, der Stickstoffverbindungen und des Ammoniaks.

Das Flufswasser.

Auf die Unterscheidung verschiedener Tiefen konnte verzichtet werden, da an den für die Untersuchung in Betracht kommenden Stellen überhaupt nur geringe Tiefe (höchstens 2 m) herrscht.

Oberhalb der Mündung des Hauptsiels fanden zur chemischen Untersuchung nur Durchschnittsproben des ganzen Flußquerschnitts Verwendung, die nach dem Vorgange von Kruse[1]) genommen wurden: Kruse füllte beim Übersetzen über den Rhein drei Flaschen von je einem halben Liter Inhalt in der Weise, daß auf je ein Drittel des Querschnitts eine Flasche kam. Diese Proben benutzte er zur Bestimmung des Keimgehaltes des Rheinwassers. In Anbetracht der geringen Breite der Regnitz vereinigte ich ungefähr 12 beim Übersetzen über den Fluß von einem bis zum anderen Ufer geschöpfte Proben in einer einzigen Flasche. Um den zeitlichen Schwankungen Rechnung zu tragen, wurden Proben von verschiedenen Stunden miteinander vermischt.

Unterhalb der Mündung des Hauptsiels wurden nicht bloß solche Durchschnittsmischungen, sondern mitunter auch einzelne Proben aus der rechten oder linken Seite des Flusses oder von beiden entnommen, in jedem Falle unmittelbar im Anschlusse an die Entnahme oberhalb (s. Spalte 7 der Tabelle 2).

Der Flufsboden.

Zur Entnahme des Flußbodens diente ein Schleppnetz[2]), wie Figur 2 zeigt. Das Drahtgeflecht von ungefähr $^1/_2$ cm

---

[1]) W. Kruse, Über Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Zentralblatt f. allgem. Gesundheitspflege, 18. Jahrg., S. 29.

[2]) Anstatt des in Büchern gebräuchlichen Wortes „Dredge“ wählte ich das deutsche Wort „Schleppnetz“. Dieses und das Fangnetz wurden von F. und M. Lautenschläger, Berlin N. 24, bezogen.

Fig. 2.

Maschenweite wurde mit einem Tuche von 50 Maschen auf 1 qcm belegt, denn nur so ließen sich, wie sich bald herausstellte, nennenswerte Mengen von Material aus dem Flusse herausbringen.

Sofort an Ort und Stelle wurde Geruch und Farbe festgestellt und alsbald nach Ankunft im Laboratorium die Bestimmung des Schwefelwasserstoffs nach der gewichtsanalytischen Methode vorgenommen.

Zur Entfernung von gröberen Teilen des Flußbodens, wie Steinen, Holzstücken u. s. w., diente Sieb III des Knopschen Satzes, das alle Teile mit größerem Durchmesser als 2 mm zurückhält[1]).

Die angewandten Methoden.

Oxydierbarkeit: Titrierung mit Kaliumpermanganat nach Kubel.

Stickstoff: Verfahren nach Kjeldahl.

Ammoniak: Maßanalytisch nach Destillation mit gebrannter Magnesia. Hierbei wandte ich das im Laboratorium des Herrn Professor Dr. J. König in Münster gebräuchliche Verfahren an, die gebrannte Magnesia vor dem Zusatz mit Wasser anzuschlämmen, wodurch ein Stäuben und Eindringen in die Vorlage vermieden wird.

Abdampfrückstand: 200 ccm Wasser wurden in einer Platinschale auf dem Wasserbade eingedampft und nach dreistündigem Trocknen bei 98° gewogen.

[1]) K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene (Wiesbaden, Bergmann), S. 183.

Glühverlust: Der Abdampfrückstand wurde zunächst bis zur weißen Farbe des Rückstandes geglüht, dann mit Ammonkarbonat befeuchtet und nochmals schwach geglüht.

Die Menge der Schwebestoffe ergab sich aus der Differenz der Abdampfrückstände aus unfiltriertem und filtriertem Wasser.

Salpetersäure: Bestimmung nach Ulsch aus 1 bis 2 l Wasser.

Auf salpetrige Säure prüfte ich stets sofort an Ort und Stelle mit Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure; desgleichen auf Ammoniak mit Neßlers Reagens.

Bei der Chlorbestimmung nach Mohr bediente ich mich der von L. W. Winkler[1]) angegebenen Vorsichtsmaßregel, um den Endpunkt der Titration scharf zu erkennen:

Zunächst werden nur 90 ccm titriert, danach noch 10 ccm des zu untersuchenden Wassers hinzugefügt und diese Flüssigkeit zum Vergleich bei der Titration von 100 ccm nebenhin gestellt; auf diese Weise läßt sich der durch das chromsaure Silber hervorgerufene Farbenumschlag mit größerer Sicherheit wahrnehmen.

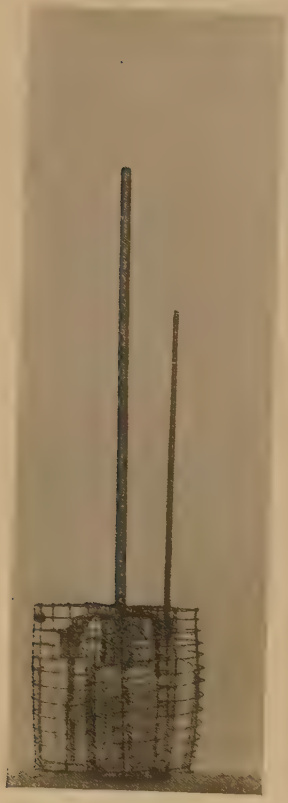
Der gelöste Sauerstoff wurde im Flußwasser nach der Methode von Winkler, im Abwasser nach einem modifizierten Verfahren dieses Autors bestimmt; man ermittelt die Menge des aus dem entstehenden Manganichlorid freiwerdenden Chlors, die von den Verunreinigungen des Abwassers gebunden wird, und zählt sie hernach zu der einfachen Sauerstoffbestimmung hinzu. Der Zusatz der Reagentien erfolgte sofort nach der Probenentnahme an Ort und Stelle.

Die Einsammlung des dazu nötigen Wassers nahm ich mit dem nach Renk zusammengestellten Apparat vor (nach brieflicher Mitteilung des Autors). Er besteht, wie die Figur 3 zeigt, aus drei Flaschen, die an einem Drahtkorb befestigt und so vereinigt sind, daß nach dem Untertauchen des ganzen Apparats das Wasser durch die Flasche *I* einströmt, während die Luft durch die lange Glasröhre, die an Flasche *III* angebracht ist und über den Wasserspiegel emporragt, entweicht. Das

---

[1]) Winkler, L. W., Bestimmung des Chlors in natürlichen Wässern. Referat in der Hyg. Rundschau 1902, S. 427.

Fig. 3.



Untertauchen muß solange währen, bis die drei Flaschen der Reihe nach mit Wasser gefüllt sind. Danach ist die Flasche *I*, die allein zur Untersuchung benutzt wird, unter Wasser zweimal ausgespült, so daß die ursprünglich darin enthalten gewesene Luft keinen Einfluß mehr auf den Sauerstoffgehalt des Wassers auszuüben vermag.

Die mit der Winklerschen Methode erhaltenen Zahlen für den Sauerstoffgehalt sind ohne weiteres unter sich nicht vergleichbar, da die Menge dieses Gases, die ein Liter Wasser fassen kann, bei den verschiedenen Temperaturen verschieden ist. Nach den von Winkler in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft[1]) niedergelegten Zahlen ist der Sättigungswert des Wassers bei

0°	10,187	6°	8,682
1°	9,910	7°	8,467
2°	9,643	8°	8,260
3°	9,387	9°	8,063
4°	9,142	10°	7,873
5°	8,907	11°	7,692
12°	7,518	22°	6,114
13°	7,352	23°	5,999
14°	7,192	24°	5,886
15°	7,038	25°	5,776
16°	6,891	26°	5,669
17°	6,750	27°	5,564
18°	6,614	28°	5,460
19°	6,482	29°	5,357
20°	6,356	30°	5,255
21°	6,233		

Spitta hat bei seinen mehrerwähnten Flußwasseruntersuchungen die ermittelte Sauerstoffzahl mit jenen Sättigungs-

[1]) Bd. 21, S. 1772.

werten verglichen und berechnet, wieviel er mehr oder weniger bei der vorhanden gewesenen Temperatur in seinen Proben gefunden hatte. Meistens stellte sich natürlich ein Defizit heraus, und dieses gestattet bereits eine bessere Schätzung der vorhandenen Verhältnisse. Das hiesige Regnitz- und Sielwasser hatte immer weniger Sauerstoff als der Sättigung entsprach. Auf einen Vorschlag des Herrn Professor Dr. Heim wurden die ermittelten Sauerstoffwerte analog den Feuchtigkeitsbestimmungen in der Luft auch in Prozenten der von Winkler aufgestellten Sättigungswerte ausgedrückt.

Das Fett des Abwassers bestimmte ich nach Schreiber[1]) aus 2—3 l nach Verdampfung zur Trockne mit etwas ausgeglühtem Sande durch Extraktion des Rückstandes im Soxhletschen Apparate. Nach Trocknung bei 98° erhält man als Extrakt I die freien Fettsäuren. Nach Ansäuerung des Rückstandes mit schwacher Posphorsäure und nochmaliger Trocknung erfolgte eine zweite Fettextraktion auf gleiche Weise. Das hierdurch erhaltene Fett stellte als Extrakt II die gebundenen Fettsäuren oder Seifen dar. Als Gesamtfett ist die Summe von Extrakt I und II bezeichnet.

Der Schwefelwasserstoff im Schlamm wurde alsbald nach Ankunft im Laboratorium gewichtsanalytisch bestimmt: Er wurde durch Brom zu Schwefelsäure oxydiert, als Baryumsulfat gewogen und in Schwefelwasserstoff umgerechnet. Freier Schwefelwasserstoff wurde durch einfaches Kochen, gebundener mit Salzsäure ausgetrieben, die Umrechnung geschah auf 1 kg Trockensubstanz.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchung.

Das Sielwasser.

Das Sielwasser sieht in einer etwa 12 cm dicken Schicht im Entnahmeglas trübgelb bis braun aus.

Der Geruch ist im Sommer und Winter stark faulig, in der Umgebung der Mündungsstelle steigen besonders im Sommer im Flusse zahlreiche Gasblasen auf, und der Geruch ist wenigstens in nächster Nähe sehr unangenehm und lästig. In den

[1]) Schreiber, Über den Fettreichtum der Abwässer und das Verhalten des Fettes im Boden der Rieselfelder Berlins. Archiv für Hygiene, Bd. 45, S. 295.

Tabell

Chemische Analyse

Datum der Probenentnahme 1903/04	Temperatur (° C.) Wasser	Luft	Barometerstand mm	Farbe	Geruch	Reaktion	Gelöste Stoffe (mg im l) Gesamt	anorgan.	organ.	Oxydierbarkeit (mg $KMnO_4$ im l)	Chlor (mg im l)	Ammoniak (mg im l)	Stickstoff (mg im l) Gesamt	organ.	Salpetersäure
3. XI. [1])	9	10	745	trüb braun	faulig	alkalisch	629	342	287	182	88	27,2	41,4	6,2	8,3
14. XII. [2])	7	2	732	„	„	„	605	297	308	210,7	92,5	35,7	52,5	8,6	10,-
10. II. [2])	8,5	6	722	„	„	„	662	321,5	340,5	219,6	83	31,8	48,4	5,7	13,4
17. III. [1])	6	6,5	735	„	„	„	535,5	241	294,5	204,1	98	29,1	39,3	3,9	11,3
24. IV. [2])	8	16	738	trüb graubraun	„	„	384,5	201,5	183	176,2	72,5	37,4	62,7	4,7	9,1
26. IV. [1])	8	11	740	trüb braun	„	„	621,5	289,5	332	214	71	35,3	49,0	5,8	—
16. V. [1])	11	18	742	„	„	„	730	368	362	222,2	116	34,7	44,1	4,1	—
17. VI. [2])	12,5	26	741	„	„	„	704	341	363	197,5	104	30,5	58,7	11,1	16,4

[1]) Aus 6 zu verschiedenen Stunden entnommenen Proben gemischt.

wenigen, ungefähr 50 m nördlich des Kanaleinflusses gelegenen Häusern soll sich, wie mir bei der Nachfrage angegeben wurde, im Sommer an windstillen Tagen ein deutlicher modriger Geruch bemerkbar machen, der jedoch schon bei geringem Winde wieder verschwinde, was bei der vorherrschend westlichen Windrichtung erklärlich erscheint.

Der üble Geruch wird aber wahrscheinlich auch mit von einem Tümpel herrühren, der nördlich von der Sielmündung unterhalb der Häuser liegt. Er füllt sich bei Überschwemmungen mit Flußwasser und Schlamm, ja er nimmt noch Abgänge aus den beiden anliegenden, nicht an die Kanalisation angeschlossenen Häusern auf, darunter aus einer Gastwirtschaft. Außerdem sei hier noch angefügt, daß sich nahe dabei die Pferdeschwemme befindet, weil von dort die tiefste Stelle im Fluß erreichbar ist. Die Tiere müssen also durch den Teil des Flusses hindurchgeführt werden, der vom städtischen Sielwasser am meisten verunreinigt ist.

es Abwassers.

Salpetrige Säure (mg im l)	Schwefelsäure (mg im l)	Kalk (CaO) (mg im l)	Magnesia (MgO) (mg im l)	Härtegrade (deutsche)	Phosphorsäure (mg im l)	Suspendierte Stoffe (mg im l)			Gelöster Sauerstoff (ccm im l)	Sauerstoff-Defizit	Prozentisch	Fett (mg im l)			Witterung
						Gesamt	anorgan.	organ.		ccm		Extrakt I	Extrakt II	Gesamt	
—	14,4	71	70,5	17	27,5	272,5	130	142,5	4,63	−3,43	57,4	54,7	31,6	86,3	trocken
—	51,7	81,5	69,3	17,8	19,1	280,8	118,5	162,3	5,42	−3,04	64,0	69,5	22	91,5	„
—	39,7	—	—	—	23,6	305,3	134,4	170,9	4,37	−3,79	53,5	72,5	40	112,5	schwacher Niederschlag
—	—	—	—	—	—	266,5	119	147,5	4,19	−4,49	48,2	—	—	—	trocken
puren	—	—	—	—	—	226	140,5	85,5	5,31	−2,95	64,2	57,4	14,5	71,9	starker Niederschlag
„	—	—	—	—	—	292,4	140	152,4	5,14	−3,12	62,2	62	19	81	trocken
„	—	—	—	—	—	251,5	87	164,5	4,76	−2,93	61,9	—	—	—	schwacher Niederschlag
„	62,4	89,6	54,5	16,6	29,8	314	127	187	3,12	−4,31	41,9	48	21	69	trocken

[2]) Aus 4 zu verschiedenen Stunden entnommenen Proben gemischt.

Die Kanalwässer zeigten stets schwach alkalische Reaktion.

Die gelösten Stoffe betrugen im Durchschnitt aus sämtlichen untersuchten Proben ungefähr 609 mg im Liter. Die Schwankungen sind bei den einzelnen Proben unbedeutend. Dieser Gehalt macht etwa das Dreifache der im Flußwasser enthaltenen gelösten Stoffe aus. Schon bei einer 20—30fachen Verdünnung wird sich infolgedessen nur noch eine geringe Zunahme an Trockenrückstand nachweisen lassen.

Die Oxydierbarkeit ergibt einen durchschnittlichen Verbrauch an Kaliumpermanganat von ungefähr 203 mg für 1 l, was etwa dem achtfachen von dem durchschnittlichen Verbrauche des Flußwassers gleichkommt.

Der Chlorgehalt ist mit durchschnittlich 90 mg im Liter als verhältnismäßig niedrig zu bezeichnen. Wie auch die Analyse des Flußwassers ergibt, ist schon ungefähr 50 m unterhalb des Kanaleinflusses keine nennenswerte Zunahme mehr zu bemerken.

Der Ammoniakgehalt zeigt keine bedeutenden Schwankungen; er beläuft sich auf durchschnittlich 32,7 mg; durch die Verdünnung, die die Kanalwässer in der Regnitz erfahren, sind schon nach 50 m nur noch Spuren nachweisbar. Etwas mehr, aber ebenfalls nicht beträchtlich, schwankt der Gehalt an Stickstoff; durchschnittlich beträgt er 49,5 mg im Liter. Auch hier läßt die Analyse im Flußwasser nur noch geringe Spuren nach 50 m erkennen.

Salpetrige Säure tritt im Abwasser ebenso wie im Flußwasser in der wärmeren Jahreszeit in Spuren auf. Die Bestimmungen von Salpetersäure, Schwefelsäure, Kalk und Magnesia habe ich bloß in beschränkter Anzahl ausgeführt, da die sich ergebenden Zahlen nur in geringem Maße voneinander abwichen.

Die suspendierten Stoffe, die nach den ausgeführten Analysen durchschnittlich im Liter 276 mg betragen, bewirken auf die Entfernung von 50 m noch eine Zunahme von 8 mg für 1 l Flußwasser (s. Tabelle 2). Gerade die suspendierten Stoffe führen dem Auge des Beobachters eine deutliche Verunreinigung des Flusses vor, die auf weitere Entfernung noch sichtbar bleibt.

Die Werte des gelösten Sauerstoffs sind mit durchschnittlich 4,62 ccm im Liter stets etwas niedriger als im Flußwasser; berechnet man aber die Werte nach der prozentigen Sättigung, dann kommen sie denen im Flußwasser gleich, ja sie übertreffen sie noch um ein Geringes, der Durchschnitt ist 56,7 %, beim Flußwasser 56,4 %, ein Unterschied, der wohl innerhalb zulässiger Fehlergrenzen liegt.

Der Gehalt an Fett beträgt im Durchschnitt 85 mg im Liter. Es läßt sich jedoch schon nach einem Lauf von 50 m nicht mehr nachweisen und verschwindet teils infolge der erheblichen Verdünnung, teils, wie Schreiber[1]) gezeigt hat, durch die Tätigkeit gewisser Bakterien.

Das Flufswasser.

Die Farbe des sowohl oberhalb wie unterhalb des Kanaleinflusses bei normalem Pegelstande geschöpften Regnitzwassers erscheint im Glase schwach trüb, bei höheren Wasserständen

[1]) Karl Schreiber, Fettzehrung durch Mikroorganismen. Archiv f. Hygiene, Bd. 41, S. 328.

dagegen stark trüb und gelb gefärbt und zwar durch Sand und Bodenteilchen, wie aus den Ergebnissen vom 23. November 1903 und vom 10. Februar 1904 hervorgeht (s. Spalte 19, suspendierte Stoffe).

Die gelösten Stoffe sind durch die Abwässer auf eine Entfernung von 50 m noch deutlich nachweisbar vermehrt. Sowohl die anorganischen wie die organischen Stoffe zeigten zumeist deutliche Zunahme, nur nicht am 4. Dezember 1903, 10. Februar 1904 und 17. März 1904, wo die Menge der anorganischen Stoffe unterhalb des Kanaleinflusses etwas kleiner war als oberhalb.

Im Durchschnitt fanden sich an gelösten Stoffen:

	im ganzen	anorganisch	organisch
oberhalb . .	229,6	175,6	53,96
unterhalb . .	259,6	187,5	72,34

Noch deutlicher wird die Verunreinigung durch die Oxydierbarkeit angezeigt. Im Durchschnitt waren hier die Werte:

oberhalb 31,6 mg
unterhalb 49,7 „

Im Schmutzstreifen des Abwassers muß natürlich die Vermehrung am bedeutendsten sein, wie die Probe vom 14. Dezember 1903 zeigt.

Der Chlorgehalt dürfte nach den vorliegenden Resultaten zur Beurteilung nicht verwendbar sein. Die Erlanger Sielwässer enthalten, wie Tabelle 1 zeigt, überhaupt verhältnismäßig nicht viel Chlor. Bei den Durchschnittsproben erscheint unterhalb nur eine Zunahme von 1 bis 2 mg im Liter. In dem an der rechten Seite entlang ziehenden Schmutzstreifen ergibt sich eine Zunahme von 4 bis 6 mg im Liter.

Im Durchschnitt fanden sich:

oberhalb 12,6 mg
unterhalb 14,8 „

Die Stickstoffzahlen sind mit durchschnittlich

oberhalb 2,6 mg
unterhalb 3,7 „

wenig verschieden. Im einzelnen sind sie bei Hochwasser etwas höher. Ein besonderes Gewicht wird diesen Befunden jedoch kaum beigelegt werden können. Selbst kleine Versuchsfehler geben bei so niedrigen Werten schon bedeutende prozentuale Fehler.

Tabelle

Chemische Analysen

Nummer	Datum der Probenentnahme 1903/04	Temperatur (° C) von Wasser	Temperatur (° C) von Luft	Barometerstand mm	Pegelstand cm	Ort der Probenentnahme	Farbe	Geruch	Gelöste Stoffe (mg im l) gesamt	anorgan.	organ.
1a	12. XI.	6	5,5	745	—	oben (Mitte)	schwach trüb	ohne	221	172	49
1b	„	6	5,5	745	—	unten ca. 20 m rechtes Ufer	stark trüb	etwas faulig	286,5	197	89,5
2a	23. XI. [1]	4	8	743	138	oben	gelb	ohne	240	183	57
2b	„	4	8	743	138	unten ca. 50 m rechtes Ufer	„	„	246	184	62
3a	4. XII. [2]	2	—3	736	115	oben	weissl. getrübt	„	235	193	42
3b	„ [2]	2	—3	736	115	unten	„	„	250	188	62
4a	14. XII.	3	2	732	103	oben (Durchschnitt)	schwach trüb	„	211,5	159	52,5
4b	„	3	2	732	103	unten ca. 50 m rechtes Ufer	trüb	faulig	242,4	164	78,4
4c	„	3	2	732	103	unten ca. 50 m linkes Ufer	schwach trüb	ohne	206,1	152	54,1
5a	19. XII. [3]	2	1,5	738	90	oben	„	„	210,5	161,5	49
5b	„ [3]	2	1,5	738	90	unten	„	„	253,5	192	61,5
6a	14. I. [3]	4	6	725	80	oben	„	„	191,5	154	37,5
6b	„ [3]	4	6	725	80	unten	„	„	261,5	199	62,5
7a	10. II. [3]	5,5	6	722	159	oben	gelb	„	238	187	51
7b	„ [3]	5,5	6	722	159	unten	„	„	253	184	69
8a	17. III. [3]	6	10	735	90	oben	schwach trüb	„	220,5	181	39,5
8b	„ [3]	6	10	735	90	unten	kaum getrübt	„	225,5	169	56,5
9a	26. IV. [3]	9	11	740	78	oben	„	„	253,5	185	68,5
9b	„ [3]	9	11	740	78	unten	„	„	278,5	196	82,5
10a	23. V. [3]	10	13	735	70	oben	„	„	243,5	172	71,5
10b	„ [3]	10	13	735	70	unten	„	„	270,8	178,5	92,3
11a	17. VI. [3]	18,5	26	741	74	oben	„	„	260	184	76
11b	„ [3]	18,5	26	741	74	unten	„	schwach modrig	290	210,5	79,5

[1]) Mischung von 3 Stichproben, rechts, mitten und links.
[2]) Mischung von 2 Durchschnittsproben, morgens 10 Uhr und mittags

Ammoniak ließ sich aus Durchschnittsproben unterhalb des Kanaleinflusses stets, aber nur in Spuren ermitteln; für eine genaue Bestimmung waren die Mengen zu gering. Aus dem Schmutzstreifen an der rechten Seite des Flusses konnten auf kolorimetrischem Wege 3 bis 4 mg im Liter gefunden werden.

Bemerkenswert ist das Auftreten von salpetriger Säure beim Einsetzen der wärmeren Jahreszeit. Indes können hierfür keineswegs die Abwässer der Stadt Erlangen allein ver-

2.
des Flufswassers.

Oxydierbarkeit (mg $KMnO_4$ im l)	Chlor (mg im l)	Stickstoff (mg im l)		Ammoniak (mg im l)	Salpetrige Säure	Suspendierte Stoffe (mg im l)			Gelöster Sauerstoff		
		gesamt	organ.			gesamt	anorgan.	organ.	ccm im l	Defizit	prozentisch
24,2	13	1,6	1,1	—	—	30,6	19,6	11	5,94	—2,74	68,4
72,4	19,5	6,3	2,9	4	—	76	42	34	4,17	—4,51	48,0
71,6	13	4,2	1,4	—	—	203,5	168	35,5	5,98	—3,16	65,4
76,1	14	4,7	2,1	geringe Spuren	—	222	184	38	5,32	—3,82	58,2
23,1	12	1,8	1,1	—	—	31	16	15	6,34	—3,30	65,7
34,8	13,5	2,5	1,7	Spuren	—	40,5	19,5	21	5,27	—4,37	54,6
31,1	12,5	1,8	1,0	—	—	24	14,5	9,5	6,27	—3,11	66,8
67,3	16,6	5,2	1,9	3	—	51,5	29	22,5	4,87	—4,51	51,9
32,4	12,5	1,8	1,1	—	—	25	15,5	9,5	5,98	—3,40	63,7
25,7	12	2,1	1,0	—	—	27	14	13	6,14	—3,50	63,6
40,2	13,5	2,5	1,4	Spuren	—	36	20	16	verdorben	—	—
21,4	12,5	2,0	0,9	—	—	30,5	16,5	14	6,59	—2,55	72,1
41,2	14	2,4	1,5	Spuren	—	36	20,5	15,5	5,35	—3,79	58,5
63,2	11	4,6	1,8	—	—	177	148	29	5,87	—2,92	66,7
79,7	12	4,9	2,2	—	—	201	167	34	5,42	—3,37	61,6
27,4	13	2,2	1,0	—	—	28	16	12	5,62	—3,06	64,7
49,5	14	2,4	1,4	Spuren	—	35	21	14	5,10	—3,58	58,7
21,4	13	2,8	1,3	—	Spuren	10	6	4	6,30	—1,76	78,1
29,2	15	3,9	1,9	deutliche Spuren	„	19	11	8	4,38	—3,68	54,3
15,4	13	2,9	1,1	—	„	10,5	5,5	5	6,17	—1,70	78,4
21,1	14,5	3,5	1,7	Spuren	„	17,5	9,5	8	4,94	—2,93	62,7
23,7	14	2,1	1,7	—	„	12	7,5	4,5	4,32	—2,22	66,0
35,5	16	2,9	2,6	Spuren	„	22	11,5	10,5	3,65	—2,89	55,8

4 Uhr. — [3]) Mischung von 3 Durchschnittsproben, morgens, mittags und abends.

antwortlich gemacht werden, da die Nitrite sowohl oberhalb wie unterhalb des Kanaleinflusses vorhanden waren; nur fiel selbstverständlich die Reaktion unterhalb deutlicher aus als oberhalb.

Die suspendierten Stoffe wurden recht verschieden an Menge gefunden. Im Winter waren an und für sich mehr davon nachweisbar als im Sommer; vielleicht rührt dies von den im Sommer in den Fluß eingebauten Wasserschöpfrädern her,

Tabelle 2a.

Nummer	Datum der Proben-entnahme 1903/04	Salpeter-säure (mg im l)	Schwefel-säure (mg im l)	Kalk (CaO) (mg im l)	Magnesia (MgO) (mg im l)	Härte-grade (deutsche)
1a	12. XI.	—	18,2	52	16,5	7,5
1b	„	—	19,7	59	22	9
2a	23. XI.	6,48	19,2	64,2	18,1	8,9
2b	„	6,52	21,5	67,4	19,6	9,5
9a	26. IV.	—	22,3	61,2	17,1	8,5
9b	„	—	23,5	63,7	21,4	9,4
11a	17. VI.	—	17	80	19	10,7
11b	„	—	20,5	82,5	23,2	11,5

die durch Verminderung der Strömung einer Sedimentierung der Schwebestoffe günstig sind; allerdings werden von dieser Absetzung die kleinsten Teile, an denen die Bakterien haften, und diese selbst nicht nachweislich betroffen; denn wie bei anderer Gelegenheit von Herrn Professor Dr. Heim gefunden worden ist, ist gerade unter dem Einfluß der Stauung der Bakteriengehalt vermehrt. Noch viel auffallender als jene Verminderung ist die Vermehrung der Schwebestoffe am 23. November 1903 und am 10. Februar 1904; sie ist dagegen viel leichter erklärlich; das Wasser war, wie in der Tabelle bemerkt ist, von Aussehen gelb, eine Erscheinung, wie sie in diesem Flußgebiet, insbesondere an der Pegnitz den Nürnbergern wohl bekannt ist und bei vermehrten Niederschlägen oder bei Hochwasser infolge Mitführung von Schlamm- und Sandmassen eintritt. Daß es hauptsächlich Sand war, was im Suspendierten vorherrschte, dafür spricht das Überwiegen der Zahl für die anorganischen Schwebestoffe gegenüber den organischen.

Im Durchschnitt betrugen die suspendierten Stoffe:

	insgesamt	anorganisch	organisch
oberhalb	53,1	39,2	13,9
unterhalb	68,8	48,6	20,2

Wenn man jedoch die beiden großen, hauptsächlich durch anorganische Stoffe bedingten Zahlen bei der Berechnung vernachlässigt, so beläuft sich der Durchschnitt auf:

	insgesamt	anorganisch	organisch
oberhalb	22,6	12,8	9,8
unterhalb	37,1	20,5	16,6

und wenn man die kälteren und wärmeren Monate (mit Ausschluß der großen Ziffern) einander gegenüber stellt, so war der Durchschnitt

	vom Oktober bis März	April, Mai, Juni
oberhalb	28,5	10,8
unterhalb	45,8	19,5

Der Sauerstoffgehalt erreichte, wie früher erwähnt, niemals den für die betreffende Temperatur gültigen Sättigungswert und war, wie zu erwarten, unterhalb beträchtlicher vermindert. Wie das Sielwasser an dieser Sauerstoffzehrung beteiligt war, läßt sich gut aus dem Ergebnis vom 14. Dezember 1903 ersehen, wo Proben von beiden Flußufern entnommen wurden; 50 m unterhalb der Sielmündung war auf der von ihr beherrschten Seite wesentlich weniger Sauerstoff vorhanden als am linken Ufer, wo der Unterschied gegen oberhalb nur gering war (5,98 gegen 6,27). Im Durchschnitt berechnet sich der Sauerstoffgehalt des Regnitzwassers auf

oberhalb 5,96 ccm im Liter oder auf 68,7%
unterhalb 4,84 ccm im Liter oder auf 56,4%.

Die Bestimmung von Salpetersäure, Schwefelsäure, Kalk und Magnesia gab wiederholt so geringe Unterschiede, daß sich eine regelmäßige Ausführung nicht lohnte.

Aus allen den angestellten Untersuchungen geht hervor, daß sich ein besonders ungünstiger Einfluß des Sielwassers von Erlangen auf die Regnitz chemisch nicht nachweisen läßt.

Wenn wir in Betracht ziehen, daß die Verdünnung bei Niederwasser 1 : 300 ist, und daß sich im Sielwasser wenig Kot befindet, und wenn wir damit die Erfahrungen anderer Autoren in Parallele stellen, so können wir in unsern Befunden nichts Auffallendes sehen.

Rubner[1]) schätzt die Grenzen der Genauigkeit der chemischen Analyse in unkonzentrierten Flüssigkeiten, wie sie gewöhnlich zur Untersuchung benutzt werden, besonders gering ein und sagt, daß „schon eine 20- bis 30fache Verdünnung der Abwässer die Analyse im Hinblick auf die zumeist nur quantitativen Änderungen durch Verunreinigungen und die natürlichen Schwankungen der Zusammensetzung des strömenden

[1]) Rubner, Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flußverunreinigung. Archiv für Hygiene, Bd. 46, S. 9.

Wassers selbst oft sehr unsicher machen kann. Die Sammelbestimmung ‚organische Substanz' ist aber an sich ungenau und leidet an verschiedenen inneren Gebrechen". Das Schwergewicht soll auf die Untersuchung der schwebenden Substanz gelegt werden, weil sie durch die Verdünnung zwar in der Masse unbedenklicher, in ihrer Wirksamkeit aber nicht geändert wird.

In unserem Falle hat die Bestimmung der organischen Substanz und die der suspendierten Stoffe die größten Unterschiede unter allen ausgeführten Analysen ergeben; das zeigt sich, wenn man die Durchschnittszahlen zusammenstellt und daraus berechnet, um wieviel prozentualisch die einzelnen in betracht gezogenen Bestandteile durch Hinzukommen des Sielwassers im Flusse vermehrt worden sind. Es berechnet sich für:

gelöste Stoffe . .	13,0 %,	Stickstoff . .	42,2 %,
Chlor	17,5 %,	Oxydierbarkeit	57,2 %,
gelösten Sauerstoff	19,0 %,	suspend. Stoffe	64,0 %.

In Ermangelung besserer Methoden, die leicht ausführbar wären, haben somit die beiden zuletzt genannten Prüfungen am meisten Ausschlag gegeben. Es muß aber zugegeben werden, daß mit Kaliumpermanganat nur einzelne Dinge unkontrollierbar heraus- oder zusammengenommen werden, deren Wert und Bedeutung für eine Flußverunreinigung durchaus nicht auf gleicher Linie steht; zu anderer Zeit, an andern Orten, bei anderer Zusammensetzung der Abwässer kann der Wert der Kaliumpermanganatmethode noch viel fraglicher erscheinen.

Mehr Vertrauen wird in jedem Falle die Bestimmung der Schwebestoffe verdienen, auch die von mir in der herkömmlichen Weise ausgeführte.

Rubner hat eine neue Methode ersonnen, mit der der Energiegehalt bestimmt wird, der in den schwebenden Stoffen enthalten ist. Um letztere möglichst vollkommen bis auf die kleinsten Mengen aus dem Wasser herauszubringen, fand er die Niederschlagung mit essigsaurem Eisen in der Siedehitze am geeignetsten. Der gewonnene Niederschlag wird auf seinen Gehalt an Stickstoff geprüft und der Verbrennungsanalyse im Kalorimeter mit der Berthelotschen Bombe unterworfen.

Bei diesen Versuchen fand Rubner, daß die Zusammensetzung des Eisenniederschlags aus dem Berliner Sielwasser in seinem Gehalt an Stickstoff, Ätherextrakt, Asche und Kaloriengehalt eine auffallende Ähnlichkeit mit den Fäkalien des Menschen zeigte, und daß man mit der Fällungsanalyse imstande sei, die dem Sielwasser eigentümlichen Substanzen außerordentlich weit zu verfolgen, bis zu Verdünnungsgraden von 1 : 200 und mehr.

Leider mußte von der Durchführung einer derartigen Bestimmung hier abgesehen werden, da ein Kalorimeter nicht zur Verfügung stand. Sie wäre auch aus dem Grunde interessant gewesen, weil in Erlangen ein städtisches Sielwasser vorhanden ist, dem weniger Kotsubstanzen beigemengt sind als an Orten, wo die Wasserklosette unmittelbar an die Kanäle angeschlossen sind; denn bei der hiesigen getrennten Abfuhr der Fäkalien aus Klärgruben mit Überlauf nach der Kanalisation sind nur geringe Mengen menschlicher Fäkalien im Sielwasser zu erwarten. Um auf diese wichtigen Feststellungen nicht ganz verzichten zu müssen, habe ich versucht, diese Lücke mit Hilfe des Kolititers (s. später) auszufüllen, möchte aber, um dies gleich vorweg zu nehmen, bezweifeln, ob dies gelungen ist.

Der Flufsboden.

Der Flußboden ist oberhalb und unterhalb mit Sand bedeckt. Mit dem Schleppnetz herausgenommen, zeigt er eine graue Farbe; sie ist unterhalb des Kanaleinflusses ein wenig dunkler, was nach dem Trocknen deutlicher hervortritt. Ein auffallender Geruch fehlt oberhalb, unterhalb ist er schwach moderig.

Der Gehalt an freiem und an gebundenem Schwefelwasserstoff war während des Winters sehr klein, eine Wägung der geringen Mengen wurde unterlassen, da sich Fehler durch das Umrechnen auf 1 kg Trockensubstanz verhältnismäßig zu sehr vergrößert hätten. Im Sommer ergaben sich deutlichere Werte, doch waren auch sie gering und bedeutungslos, zumal da der Hauptanteil des Schwefelwasserstoffs gebunden ist.

Der Fettgehalt erwies sich nur an der Sielmündung in dem dort abgelagerten Schlamm größer, sonst oberhalb wie unterhalb gering.

Tabelle

Chemische Analysen von

Datum der Probenentnahme 1903/04	Temperatur (° C.) von Wasser	Luft	Pegelstand cm	Ort der Probenentnahme	Farbe	Geruch
23. XI.	4	8	138	oberhalb	grau	ohne
„	4	8	138	unterhalb	„	schwach modrig
14. I.	3	2	80	oberhalb	„	ohne
„	3	2	80	unterhalb	„	schwach modrig
„	3	2	80	an der Mündung des Kanals	schwarz	stark stinkend
23. V.	10	13	70	oberhalb	grau	ohne
„	10	13	70	unterhalb	„	modrig
17. VI.	18	26	74	oberhalb	„	ohne
„	18	26	74	unterhalb	„	modrig
„	18	26	74	an der Mündung des Kanals	schwarz	stark stinkend

Der organische Stickstoff zeigte im Winter etwas kleinere Werte wie im Sommer; der Durchschnitt war im

	oberhalb	an der Mündung	unterhalb mg im Kilo
Winter	176,0	510	194,5
Sommer	194,5	668	271,7
Mittel	185,0	589	233,0

Der Glühverlust betrug im Durchschnitt im:

	oberhalb	an der Mündung	unterhalb g im Kilo
Winter	5,4	132	7,3
Sommer	3,5	149	12,2

An der Sielmündung selbst befindet sich eine Schlammbank von schwarzer Farbe, die insbesondere in der wärmeren Jahreszeit und bei niedrigem Wasserstande hervortritt; dann ist fauliger Geruch auf weitere Strecken bemerkbar. Bei der Untersuchung fanden sich, wie erwähnt, größere Mengen von Schwefelwasserstoff, Fett und Stickstoff; insbesondere war der Glühverlust bedeutend; er betrug zwischen 13 und 15 %.

Die mikroskopische Untersuchung von Wasser und Boden des Flusses.

Zur Gewinnung des im Wasser treibenden Planktons diente ein Netz (Fig. 4), ähnlich dem von Apstein zur qualitativen Planktonuntersuchung benutzten. Es unterscheidet sich von

3.

Flufsboden und Schlamm.

Schwefelwasserstoff (mg im kg Trockensubstanz)			Fett (g im kg Trockensubstanz)			Organischer Stickstoff (mg im kg Trockensubst.)	Glühverlust (g im kg Trockensubst.)
gesamt	frei	gebunden	gesamt	Extrakt I	Extrakt II		
kaum wägbare Spuren			1,94	1,27	0,67	184	4,4
„	„	„	2,68	1,72	0,96	192	4,75
„	„	„	2,20	1,05	1,15	168	6,40
„	„	„	2,87	1,65	1,23	197	9,85
403	21	382	19,4	11,7	7,7	510	132,0
48,5	22	26,5	2,14	0,96	1,18	179	3,24
65	21	34	2,98	1,78	1,20	235,5	11,4
62	24	38	2,49	0,79	1,70	210	3,8
86,5	22	64,5	3,90	1,23	2,67	308	13,00
473	37	436	16,3	9,8	6,5	668	149,0

Fig. 4.

einem gewöhnlichen dadurch, daß es von oben nach unten konisch verläuft und in ein kleines Eimerchen von 3 cm Höhe und 2 cm Durchmesser mündet; letzteres hat an der Unterseite ein Röhrchen und trägt einen mit Quetschhahn verschließbaren Gummischlauch, durch den das gewonnene Material abgelassen werden kann. Das Netz besteht aus Seide, sog. Müllergaze, die nach Apstein den Vorzug vor gewöhnlichem Nesseltuche besitzt, daß das Material sehr leicht vom Stoffe abgespült werden kann, und daß die Maschen im Wasser nicht quellen. Auf einem qcm befinden sich ungefähr 5120 Löcher.

Vom Flußboden wurden Proben mittels eines Schleppnetzes (Fig. 2) heraufgeholt und in Gläsern mit etwas Wasser aufbewahrt.

Schwierigkeiten bereitete die Bestimmung der Protozoen, namentlich wegen ihrer Beweglichkeit. Nach einiger Übung gelang die Isolierung der einzelnen Tierchen mit Glaskapillaren.

Unter Zuhilfenahme der Enzyklopädie der mikroskopischen Praxis von Ehrlich, Krause, Mosse, Rosin und Weigert suchte ich ein passendes Abtötungs- und Konservierungsmittel zu erhalten.

Der Reihe nach probierte ich die angegebenen Agentien durch; Cocain, Antipyrin, Strychnin, Eserinsulfat kamen in verschiedener Verdünnung zur Anwendung, wurden jedoch wieder verlassen, da es nicht gelang, die Exemplare in unveränderter Form zu erhalten. Glyzerin und Alkohol bewirkten ebenfalls vollständige Gestaltsveränderung.

Osmiumsäure, in Verdünnungen und als Dampf angewandt, veränderte die Tiere ebenfalls und erschwerte die Bestimmung. Die Tierchen platzten beim geringsten Drucke, schon beim Auflegen des Deckglases.

Formalin, in verschiedenster Stärke, gab für kurze Zeit deutliche, zur Bestimmung brauchbare Präparate.

Sublimatlösung 2:1000, wie sie du Plassio angewandt hat, fand ich viel zu konzentriert; eine Verdünnung 1:20000 genügte nach meiner Erfahrung zur Abtötung. Selbst noch stärkere Verdünnungen lieferten Präparate, die länger brauchbar waren als die mit konzentrierteren Lösungen behandelten. Die Wahrnehmung von Bundle, daß durch Sublimat die Wimpern besser sichtbar werden, kann ich bestätigen. Zur Bestimmung leistet es sehr gute Dienste.

Eine wesentliche Verbesserung durch Hoyers Flüssigkeit, die durch Zusatz von Bichromat zur Sublimatlösung hergestellt wird, konnte ich nicht beobachten.

Auch die von Fol angegebene Behandlung mit alkoholischem Eisenchlorid beeinträchtigte die Gestalt der Tiere in ungünstiger Weise; zwar ließen sich die Wimpern infolge der Färbung deutlicher erkennen, aber dieser Vorteil wog die durch die Gestaltsveränderung entstandenen Nachteile nicht auf.

Ich versuchte noch verschiedene giftige Stoffe, wie Naphtol, Morphium, Atropin, Veratrin, Cyankalium, Urannitrat und Natriumwolframat. Meine Beobachtungen ergaben, daß Urannitrat in seiner Wirkung der von Sublimat gleichkommt; auch die Wimpern werden dadurch gut sichtbar.

Bei Anwendung von Natriumwolframat lebten die Tiere noch längere Zeit, ohne sich von der Stelle zu rühren; dabei

blieben die Wimpern in ständiger Bewegung, und die Ausdehnung und Zusammenziehung der Vakuolen dauerte geraume Zeit an. Ich empfand dies für die Bestimmung als Vorteil vor dem momentan tödlich wirkenden Sublimat und benutzte ausschließlich dieses Mittel in verschiedenen Verdünnungen. Die anderen Stoffe hatten diese Vorteile nicht und waren zum Teil ganz unbrauchbar.

Tabelle 4.

Arten	Winter (Dezember und Januar 1903/04)	Sommer (Mai und Juni 1904)
Pilze	Beggiatoa alba Cladothrix Crenothrix	Beggiatoa alba Cladothrix Crenothrix
Algen	Volvox Ulothrix (wenig)	Cladophora Oscillaria Pediastrum Closterium Ulothrix Volvox Eremosphaera
Diatomeen	Diatoma Nitzschia Synedra Fragilaria Navicula	Melosira Nitzschia Diatoma Cymatopleura Navicula Pleurosigma Fragilaria Synedra Melosira
Niedere Tiere	Paramaecium Carchesium Vorticella Euplotes Stylonychia Chilodon Colpidium Oxytricha Glaucoma Urostyla Anguillula	Rotifer (überwiegend) Paramaecium Stentor Vorticella Carchesium Oxytricha

Die Schwierigkeiten, die diese Untersuchungen dem Anfänger bereiten, sind recht groß; ich mußte durch Vergleiche der Gestalts- und Größenverhältnisse mit den Abbildungen in

den einzelnen zur Bestimmung benutzten Werken zurecht zu kommen suchen[1]).

Die Mikroskopierung des Planktons wurde im Winter auf die Monate Dezember und Januar, im Sommer auf den Mai und Juni verlegt, da in den anderen Monaten die Zeit durch chemische Untersuchungen ausgefüllt war.

Wenn man bloß die in größerer Anzahl auftretenden pflanzlichen und tierischen Organismen berücksichtigt, so findet man im Regnitz-Plankton nur wenig Arten. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem von Spitta[2]) aus dem Spree- und Havelgebiet und aus dem Rhein erhaltenen.

Die Farbe des Planktons war grauschwarz, im Sommer mit eingestreuten grünen Stellen von Algen.

Das im Sommer vorhandene Plankton unterscheidet sich von dem des Winters in sehr deutlicher Weise; im Sommer treten von den Algen die Arten Cladophora, Pediastrum, Ulothrix, Closterium und Oscillaria besonders häufig auf, von Diatomeen die Arten Melosira und Diatoma und von den niederen Tieren Rotifer; dagegen wird der Pilz Beggiatoa seltener.

Im Winter verschwinden die Algen nahezu ganz, auch die Diatomeen gehen etwas zurück, hingegen treten die Pilze Beggiatoa, Cladothrix und Crenothrix, namentlich der erstere,

---

[1]) Zur Bestimmung der tierischen und pflanzlichen Organismen benutzte ich: Karl Apstein, Das Süßwasserplankton, Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung. Kiel u. Leipzig, bei Lipsius u. Fischer, 1896. O. Kirchner und F. Blochmann, bevorwortet von O. Bütschli, Die mikroskopische Pflanzen- und Tierwelt des Süßwassers. Braunschweig, bei Gebr. Haering, 1885. Franz Schütt, Analytische Planktonstudien. Ziele, Methoden und Anfangs-Resultate der quantitativen analytischen Planktonforschung. Kiel u. Leipzig, bei Lipsius u. Fischer, 1892. Kurt Lampert, Das Leben der Binnengewässer. Leipzig bei C. H. Tauchnitz, 1899. C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse; Anleitung zur Untersuchung des Wassers mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser. Berlin, bei Jul. Springer, 1898. Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer, bearbeitet von G. Walter und A. Gärtner, 4. Aufl. Braunschweig, bei Friedrich Vieweg u. Sohn, 1895. J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, 2. Aufl. Berlin bei Paul Parey, 1898.

[2]) Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene, Bd. 38, S. 160.

in erheblicher Menge auf; ferner erscheinen von den niederen Tieren mehrere Formen, ohne daß (soweit die qualitative Abschätzung zuverlässig ist) einzelne durch ihre Zahl besonders hervortreten.

Das unterhalb des Kanalwassereinflusses gefischte Plankton war lediglich durch eine größere Menge von Detritus verschieden, von dem aber auch oberhalb schon viel vorhanden war. Er besteht vorwiegend aus Sand, Bodenteilchen, pflanzlichen und tierischen Resten. Öfters fanden sich Stärkekörner und zwar sowohl oberhalb wie unterhalb.

Das Ergebnis der chemischen Untersuchung, derzufolge im Winter mehr suspendierte Stoffe vorhanden waren als im Sommer, wurde bei dieser Untersuchung bestätigt. Der Fluß machte auch schon äußerlich im Sommer einen ungleich besseren Eindruck als im Winter.

Bei der mikroskopischen Durchmusterung des Flußbodens fiel in den Wintermonaten das schwache Auftreten von pflanzlichen Organismen auf: es waren nur wenige Fäden von Beggiatoa und Cladothrix, Algen so gut wie gar nicht, verhältnismäßig am meisten Diatomeen zu sehen und zwar dieselben Arten wie im Plankton.

Von tierischen Organismen beobachtete ich in häufigerem Vorkommen nur solche, die Haftorgane besitzen, womit sie der Strömung Widerstand leisten können, nämlich Vorticella und Carchesium, andere Arten nur selten.

In den Sommermonaten erschienen mehrere Algen und Diatomeen, dagegen Pilze nur vereinzelt; von tierischen Organismen hauptsächlich Vorticella und Carchesium, doch waren auch einige andere Arten vertreten, wohl weil im Sommer die Strömungsgeschwindigkeit geringer ist. Die Arten waren im wesentlichen dieselben wie in dem gleichzeitig entnommenen Plankton.

Die bakteriologische Untersuchung.

Abwasser.

Die Entnahmen fanden zu verschiedenen Tageszeiten aus dem Schachte nahe der Sielmündung statt. Die Fläschchen wurden vorsichtig eingetaucht, um Aufwühlen von Schlamm zu vermeiden, und alsbald auf dem Fahrrad ins Institut gebracht.

Als Nährboden diente bei allen den folgenden Untersuchungen eine aus Wasser, Pepton, Agar und Gelatine bestehende Zusammensetzung, die Herr G. Schütz[1]) im Institut ausprobiert und als am brauchbarsten für derartige Zwecke befunden hat. Dieses auf grund der Veröffentlichungen von Hesse und Niedner sowie anderen Autoren hergestellte Nährsubstrat hat den Vorteil, daß es mehr Keime erscheinen läßt als die gewöhnliche Fleischwasserpeptongelatine und die Verflüssigung von Bakterien mindert, ohne sie vollständig hintanzuhalten.

Tabelle 5.

Zählung der Keime des Kanalwassers.

Datum der Probenentnahme 1903/04	Stunde	Temperatur (° C.) von Luft	Temperatur (° C.) von Wasser	Witterung	Wachstum, Tage	Versäumte Zeit bis zur Aussaat	Zahl der Bakterien in 1 ccm Abwasser
3. XI.	2h. 30	10	9	trocken	6	15	2537000
14. XII.	9h. 15 früh	2	7	„	6	15	3117000
„	11h.	2	7	„	6	15	2840000
„	2h. 15	2	7	„	6	15	2486000
„	5h.	2	7	„	6	15	2183000
19. XII.	10h.	1,5	6	„	6	15	2337000
14. I.	1h. 30	6	7	wenig Niederschlag	6	10	2521000
17. III.	3h. 20	10	6	trocken	6	15	1940700
12. II.	9h. 10	5	6,5	starke Niederschläge	6	10	3140600
„	2h. 20	5	6,5	„ „	6	10	2840900
„	5h. 10 nachm.	5	6,5	„ „	6	10	2489000
26. IV.	11h. 30	11	8	trocken	6	10	2801400
2. V.	4h. 40	16	8,5	„	6	15	3240600
3. VI.	1h. 20	18	10	„	6	20	1532850
17. VI.	10h.	24,5	12,5	„	6	15	1410200
17. VII.	11h.	28	16	„	6	15	2389000

Nach erfolgter Entwickelung, niemals vor 6 Tagen, wurden die Schalen formalinisiert, nachher bei schwacher Vergrößerung (Leitz, Obj. 2, Okular 1) 30 Gesichtsfelder ausgezählt und die Keime auf 1 ccm Wasser berechnet.

---

[1]) G. Schütz, Der Reinlichkeitszustand künstlicher und natürlicher Mineralwässer nebst einer übersichtlichen Darstellung der gezüchteten Kleinwesen. Inaugural-Dissertation. Erlangen 1904.

Die Keimzahl schwankte zwischen 1,4 bis 3,2 Millionen. Der Durchschnitt aus sämtlichen Zahlen ist 2487900 Keime, also rund $2^1/_2$ Millionen. Am 12. Februar 1904 bei starkem Regen erschienen im Kanalwasser mit die höchsten Werte; doch kamen ähnliche Zahlen auch an trockenen Tagen vor.

Flufswasser.

Die Aussaaten erfolgten zum Teil aus Durchschnittsproben nach dem früher beschriebenen Vorgehen von Kruse, um zu erfahren, in welcher Weise die Bakterienzahl des ganzen Flußquerschnitts durch die Einleitung der städtischen Abwässer wächst. Außerdem wählte ich bestimmte Stellen im Flußquerschnitt aus, um Einsicht in die Verhältnisse am Ufer und in die Bewegung des Abwassers im Flusse zu erhalten.

Auch hier beschränkten sich die Untersuchungen auf eine kurze Strecke oberhalb und unterhalb der Sielmündung. Die Entnahmen fanden ungefähr an den gleichen Punkten statt wie bei der chemischen Untersuchung. Ich bediente mich dazu sterilisierter, mit Schrot beschwerter Flaschen von 100 ccm Inhalt nach den Angaben von Heim[1]). Sie wurden unter sorgfältiger Vermeidung von Stellen, an denen durch das Rudern der Boden aufgewühlt worden war, vom Kahne aus gefüllt und alsbald auf einem Fahrrad ins Laboratorium gebracht, wo die nötigen Vorbereitungen bereits getroffen worden waren.

Auf diese Weise konnte die Aussaat gewöhnlich zehn bis zwanzig Minuten nach der Entnahme stattfinden.

Zunächst zeigte sich, daß der Keimgehalt des Flußwassers in den Monaten Mai bis Juli erheblich höher ist als in den Monaten November bis April.

In den Durchschnittsproben waren unterhalb des Kanaleinflusses im Mittel 30 % mehr Keime als oben, in absoluten Zahlen war die durchschnittliche Bakterienzahl

oben 116764
unten 152606

Auch in diesen Untersuchungen war zu erkennen, daß sich die Hauptmenge des Abwassers am rechten Ufer bewegt. Die Mitte des Flusses zeigt etwas erhöhte Zahlen; auch an der

[1]) L. Heim, Lehrbuch der Bakteriologie. 2. Aufl. Stuttgart bei F. Enke, 1898. S. 536.

Tabelle 6.

Keimzählung des Flufswassers.

Datum der Proben-entnahme 1903/04	Stunde	Pegelstand	Temperatur (° C.) von Luft	Temperatur (° C.) von Wasser	Witterung	Wachstum, Tage Vergangene Zeit bis zur Aussaat		Zahl der Bakterien in 1 ccm Wasser: Durch-schnitt oben	oben rechts	oben links	oben Mitte	Durch-schnitt unten	unten rechts	unten links	unten Mitte
3. XI.	2h. 30	75	10	5	trocken	6	15	—	—	—	82470	—	530700	94000	299000
14. XII.	9h. 15 früh	103	2	5	„	6	15	74180	—	—	—	103100	—	—	—
„	11h.	103	2	5	„	6	15	68745	—	—	—	100800	—	—	—
„	2h. 15	103	2	5	„	6	15	81590	—	—	—	107350	—	—	—
„	5h.	103	2	5	„	6	15	72360	—	—	—	99650	—	—	—
19. XII.	10h.	90	1,5	2	„	6	15	61450	—	—	—	83200	—	—	—
14. I.	1h. 30	80	6	4	wenig Niederschlag	6	10	—	—	—	96450	—	147850	95960	101340
17. III.	3h. 20	90	10	6	trocken	6	15	108510	—	—	—	129770	—	—	—
12. II.	9h. 10	180	5	5,5	starke Niederschläge	6	10	115440	—	—	—	141760	—	—	—
„	2h. 20	180	5	5,5	„ „	6	10	107960	—	—	—	139640	—	—	—
„	5h. 10 nachm.	180	5	5,5	„ „	6	10	94670	—	—	—	121300	—	—	—
26. IV.	11h. 30	78	11	9	trocken	6	10	77000	—	—	—	134800	—	—	—
2. V.	4h. 40	68	16	14	„	6	15	166890	—	—	—	259368	—	—	—
3. VI.	1h. 20	90	18	15,5	„	6	20	200760	190850	178750	208120	230500	384180	204180	252000
17. VI.	10h.	74	24,5	18,5	„	6	15	183150	—	—	—	198250	526350	181870	191950
17. VII.	11h.	55	28	22	„	6	15	222000	—	—	—	287000	581000	213000	231000

linken Seite ist noch eine Vermehrung gegen oben vorhanden, aber sie ist nicht mehr bedeutend. Bei Hochwasser waren die Unterschiede gegenüber normalem Wasserstande nicht sehr erheblich.

Untersuchung auf Bakterien der Koligruppe.

Um auch über die Frage Aufschluß zu erhalten, ob man dem Einfluß der Abwässer durch Verfolgung von Fäkalverunreinigungen in der Umgebung des Hauptsiels und in seinem Inhalte nachgehen könnte, habe ich mit einem neuerdings angegebenen Anreicherungsverfahren auf das Vorhandensein von Kolibakterien gefahndet, die sich in den angelegten Zählplatten nicht ohne weiteres hatten erkennen lassen.

Wenn auch in Erlangen eine getrennte Abführung der Fäkalien durch Einführung von Gruben besteht, so ist doch anzunehmen, daß welche mit den Überläufen ins Kanalwasser gelangen, und daß dies auch schon oberhalb geschieht, weil verschiedene Städte und Ortschaften, Fabriken und Badeanstalten am Flusse liegen. Ob dies nun tatsächlich der Fall ist, suchte ich mit dem Verfahren von Petruschky und Pusch[1]) herauszubringen.

Da es sich hier um stärker verunreinigte Wässer handelte, so wurde nur mit geringen Mengen und mit großen Verdünnungen gearbeitet.

Letztere legte ich vorschriftsmäßig in 3 Erlenmeyerschen Kölbchen A, B und C an, die je 50 ccm sterilen destillierten Wassers enthielten, und gab

in Kölbchen A 0,5 ccm des betr. Wassers,
„ „ B 0,5 „ von A,
„ „ C 0,5 „ „ B.

Von diesen drei Verdünnungen wurden je zwei Aussaaten von 0,1 ccm und 1 ccm in Bouillonröhrchen gemacht, außerdem 0,1 ccm und 1 ccm des unverdünnten Wassers in Bouillon ausgesät, und so acht Proben erzielt, die abgestufte Mengen von 1 ccm bis 0,0000001 ccm enthielten. Diese acht Röhrchen

---

[1]) J. Petruschky u. H. Pusch, Bakterium coli als Indikator für Fäkalverunreinigung von Wässern. Zeitschrift für Hygiene, Bd. 43, S. 304.

wurden in den Brutschrank gestellt. Was sich in solchen Bouillonröhrchen bei 37° entwickelt, heißen Petruschky und Pusch thermophile Bakterien, und wenn z. B. in dem Röhrchen, das 0,001 ccm Wasser enthält, noch eine Trübung auftritt, so ist 0,001 (= III) der Thermophilentiter des Wassers. Die beiden letzten getrübten Röhrchen sollen mittels Ausstreichen auf Agarplatten auf Kolibakterien weiter untersucht werden, zu denen Petruschky und Pusch vergärende bewegliche oder unbewegliche Arten rechnen. Bei diesem gelassenen Spielraum kann es nicht verwundern, wenn, wie die Autoren aus ihren Untersuchungen berichten, der Thermophilentiter mit dem Kolititer bei stark verunreinigten Wässern fast ausnahmslos übereinstimmte; auch ich habe bei dem hiesigen Fluß- und Abwasser diese Übereinstimmung bekommen. Wie beim sogen. Thermophilentiter wird der Verunreinigungsgrad mit I, II etc. bezeichnet, je nach den Nullen, die die Verdünnungszahl enthält; finden sich Kolibakterien in der mit 0,1 ccm angelegten Verdünnung, so ist der Verunreinigungsgrad I, bei 0,01 ccm II u. s. w.

Sowohl im Flußwasser oberhalb wie unterhalb des Kanaleinflusses und im Kanalwasser wurde der Thermophilen- und Kolititer festgestellt, und zwar letzterer durch Aussaat auf Gelatineplatten und Impfung in Lackmusmolke. Bei zwei Untersuchungen am 14. Januar und am 6. Mai 1904 ergab sich:

Für Flußwasser (Durchschnittsprobe) oberhalb des Kanalwassereinflusses

der Thermophilentiter 0,001 und
der Kolititer . . . 0,001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad III.

Für Flußwasser (Durchschnittsprobe) unterhalb des Kanalwassereinflusses

der Thermophilentiter 0,0001 und
der Kolititer . . . 0,0001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad IV.

Für Kanalwasser (Stichprobe Mittags 2 Uhr)

der Thermophilentiter 0,000001 und
der Kolititer . . . 0,000001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad VI.

Für Wasser unterhalb des Kanaleinflusses von der rechten

Seite des Flusses aus dem durch das Kanalwasser erzeugten Schmutzstreifen

der Thermophilentiter 0,00001 und
der Kolititer . . . 0,00001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad V.

Demnach wäre also das Sielwasser reich an „Kolibakterien“ und vermehrte die im Flusse bereits vorhandenen derartigen Keime. Ob aber wirklich alle diese als Kolikeime nach Petruschky und Pusch zusammengefaßten Bakterien aus Fäkalien stammen, muß dahingestellt bleiben.

Die Sauerstoffzehrung in Proben von Flufs- und Abwasser.

Unter den verschiedenen Verfahren, die bei den neueren Untersuchungen über Flußverunreinigungen eingeschlagen wurden, um weitere und bessere Anhaltspunkte für die Beurteilung und Begutachtung zu gewinnen, sind besonders die von Rubner und seinen Schülern bemerkenswert, von denen einige im vorhergehenden bereits berücksichtigt worden sind, nämlich die Fällungsanalyse der suspendierten Stoffe und die Planktonerforschung, ein Drittes ist die Ermittelung der Sauerstoffzehrung, die Spitta[1]) zur Beurteilung der Verunreinigung herangezogen hat.

Seinen Literaturhinweisen zufolge hat Gérardin vor ungefähr 30 Jahren beobachtet, daß in ruhig stehen gelassenem Regenwasser der vorhandene Sauerstoff abnimmt, ferner, daß vom Hofe gesammeltes Regenwasser ihn rascher verliert.

Reichard[2]) hat in einer ebenfalls 1875 veröffentlichten Arbeit über den Gasgehalt des Wassers unter anderm nachgewiesen, daß der Sauerstoffgehalt von Regenwasser, das auf Torf stand, schon nach wenigen Stunden nahezu verschwunden war. Knauthe[3]) beobachtete bei seinen Untersuchungen schon nach kurzer Zeit Abweichungen im Sauerstoffgehalt des Wassers

---

[1]) O. Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. II. Oxydative Vorgänge im Flußwasser. Archiv für Hygiene, Bd. 38, S. 215.

[2]) Reichard, Luft und Wasser. Archiv für Pharmazie 1875, Bd. 3, Heft 3.

[3]) Knauthe, Der Kreislauf der Gase in unsern Gewässern. Biologisches Zentralblatt, Bd. 18, Heft 22.

und sprach sich dahin aus, daß der Sauerstoffverbrauch in organisch verunreinigten Wässern viel zu beträchtlich sei, als daß er durch Zufuhr aus der Luft gedeckt werden könnte.

Nachdem also nachgewiesen ist, daß Wasser und Boden beim Stehen an der Luft Sauerstoff verbrauchen, glaubte Spitta in umgekehrter Weise aus dem Sauerstoffverbrauch auf die Größe der abgelaufenen Zersetzungen zurückschließen zu dürfen und fand diese Vermutung in seinen Untersuchungen bestätigt. Die Abnahme des ursprünglich vorhandenen Sauerstoffs konnte er sowohl im reinen (filtrierten) Wasser der Berliner Leitung, als auch in unreinem Wasser finden, wenn die angesetzten Proben durch eine 3 cm dicke Schicht von Paraffinum liquidum vom Luftzutritt abgeschlossen worden waren. Ein Unterschied war insofern vorhanden, als der Sauerstoffgehalt im filtrierten Leitungswasser im Laufe von 7 Wochen von 5,30 auf 0,10 ccm im Liter absank, während in einem Gemisch von Kanalwasser mit Leitungswasser im Verhältnis von 1 : 15 schon in den ersten 24 Stunden ein rapider Abfall der Sauerstoffmenge von 7,17 auf 0,28 ccm statthatte, der im Laufe von 6 Wochen allmählich auf 0 zurückging.

Die Ursache dieser Sauerstoffzehrung ist „zum weitaus überwiegenden Teil an die Gegenwart von Bakterien geknüpft", denn nachdem Spreewasser, das binnen 2—4 Tagen einen Abfall seines Sauerstoffgehaltes von 3,55 auf 0,89 und 0,04 ccm in der verschlossenen Flasche gezeigt hatte, vorher im Dampf sterilisiert worden war, konnte Spitta eine nennenswerte Sauerstoffabnahme unter den gleichen Verhältnissen nicht mehr beobachten, auch wenn das Wasser vorher durch Schütteln mit Luft sauerstoffreicher gemacht worden war.

Diese Versuche Spittas an unserem Wasser nachzuprüfen, schien mir unter Einführung einer Änderung vorteilhaft. Letztere bestand darin, daß den aufgestellten Wässern oder ihren Verdünnungen mehr Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird, als in ihnen von Haus aus vorhanden ist, weil die aërobe Zersetzung in einer vollkommen gefüllten und abgeschlossenen Flasche oder unter einer Paraffindecke zu sehr behindert ist. Wie reichlich bei Zersetzungsvorgängen Sauerstoff aus der Luft angezogen wird, geht aus einer Versuchsreihe von Spitta hervor, bei der das filtrierte Wasser der Berliner Leitung und ein mit ihm

vermischtes Kanalwasser offen an der Luft stehen gelassen wurde. Im Leitungswasser betrug der Sauerstoffgehalt anfangs 8,16, nach 3 Wochen 8,25 ccm im Liter, im Kanalwassergemisch anfänglich 0,28, nach 3 Wochen 4,61 und nach 7 Wochen 6,26 ccm; er war also ganz beträchtlich gestiegen.

Die Messung der Menge des bei den Zersetzungsvorgängen aufgenommenen Sauerstoffs erschien nun dadurch möglich, daß man dem zu prüfenden Wasser eine bestimmte abgemessene Menge Luft zur Verfügung stellte und nach einiger Zeit nachsah, wieviel von den normalerweise in der Luft vorhandenen 21 Volumprozenten Sauerstoff daraus verschwunden wäre. Ganz vollkommen entspricht ja auch diese Anordnung den Vorgängen, wie sie bei freiem Luftzutritt statthaben, nicht, wie das in der Tabelle Nr. 7 niedergelegte Ergebnis zeigt; aber es kommt doch der Wirklichkeit bedeutend näher als in dem vollständig von der Luft abgeschlossenen Flascheninhalt.

Ich brachte eine gewisse Menge Luft mit unreinem Wasser in eine Flasche von bekanntem Inhalt und verschloß sie mit einem durchbohrten Gummistopfen; die Durchbohrung war mit einer Glasröhre versehen, die einen mit Glasstab verschlossenen Gummischlauch trug, so daß nach Bedarf Luft aus der Flasche abgesaugt werden konnte. Dieses Gemenge von Wasser und Luft ließ ich zunächst in einer umgekehrten, mit dem Stopfen unter Wasser tauchenden Flasche eine Woche stehen und untersuchte hierauf die darin enthaltene Luft auf ihren Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff. Hierzu benutzte ich die Buntesche Bürette. Als Absorptionsmittel für die Kohlensäure diente Natronlauge, für Sauerstoff alkalische Pyrogallollösung.

Eine fehlerfreie Entnahme von Luft aus den Flaschen wurde auf folgende Weise vorgenommen und gelang nach einiger Übung:

Der Auslauf des Dreiwegehahns an der Buntes chen Bürette wurde durch einen kurzen Gummischlauch mit einem dünnen und kurzen Glasröhrchen verbunden, das an Stelle des Glasstabes in den von der Flasche austretenden Gummischlauch gesteckt wurde; vorher wurde die Bürette samt dem anhängenden Glasröhrchen mit Wasser vollständig gefüllt, damit beim Eintritt der Flaschenluft keine Luft aus der Atmosphäre in die Bürette gelangen konnte. War so die Verbindung her-

Tabelle 7.

Sauerstoffzehrung von Abwasser, Flufswasser etc.

Bezeichnung des untersuchten Wassers	Datum der Probenentnahme 1904	Nach wieviel Tag. untersucht?	Verhältnis von Wasser : Luft	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in der angegeb. Zeit	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in 1 Stunde
Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	—	6	5 : 8	42,5	0,29
Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	—	6	5 : 8,6	28,8	0,20
Abwasser	26. I.	6	5 : 8,2	206,8	1,44
„	„	6	5 : 8	204,1	1,42
„	„	6	5 : 17	223,2	1,55
„	„	6	5 : 18	238,7	1,65
Abwasser mit der gleichen Menge destill. Wassers verdünnt	„	7	5 : 8,6	131	0,78
„	„	10	5 : 8,6	168	0,70
Abwasser, sterilisiert	„	10	5 : 8	—	—
Abwasser	3. II.	5	1 : 30	316,1	2,63
„	„	5	1 : 10	267	2,23
Abwasser mit der gleichen Menge destill. Wassers verdünnt	„	5	1 : 10	136,6	1,14
Abwasser	5. II.	6	1 : 10	253	1,76
Abwasser mit der gleichen Menge destill. Wassers verdünnt	15. II.	6	1 : 10	134	0,93
Abwasser mit Flußwasser gemischt	„	8	1 : 10	182,5	0,95
„	„	8	1 : 15	186,8	0,97
„	„	8	1 : 20	219,6	1,15
„	„	10	1 : 10	175	0,73
„	„	10	1 : 20	202,1	0,84
„	„	14	1 : 10	230,5	0,69
„	„	14	1 : 15	222,5	0,66
„	„	21	1 : 20	227	0,45
„	„	21	1 : 20	217,7	0,43
Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	25. II.	10	1 : 20	149	0,62
„	„	10	1 : 20	155	0,64
Abwasser	8. III.	2	1 : 10	135,4	2,82
„	„	4	1 : 10	194,4	2,02
„	„	8	1 : 10	289,5	1,51
„	„	10	1 : 10	292,6	1,22
„	„	47	1 : 10	496,0	0,44
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	17. III.	4	1 : 10	22,8	0,24
„	„	8	1 : 10	32,7	0,17
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	4	1 : 10	32,4	0,34
„	„	8	1 : 10	42,4	0,22
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	22. III.	8	1 : 10	33,4	0,174
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	8	1 : 10	44,1	0,23
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	26. IV.	10	1 : 5	36,3	0,15

Fortsetzung der Tabelle 7.

Bezeichnung des untersuchten Wassers	Datum der Probenentnahme 1904	Nach wieviel Tag. untersucht?	Verhältnis von Wasser : Luft	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in der angegeb. Zeit	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in 1 Stunde
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	26. IV.	10	1 : 5	48,3	0,20
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	4. V.	10	1 : 5	37,4	0,15
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	10	1 : 5	47,1	0,20
Abwasser	„	8	1 : 10	274,5	1,43
„	„	8	1 : 10	277,2	1,44
„	„	10	1 : 10	291,4	1,21
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	23. V.	4	1 : 5	21,2	0,22
„	„	6	1 : 5	27,8	0,19
„	„	8	1 : 5	31,9	0,17
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	4	1 : 5	33,6	0,35
„	„	6	1 : 5	42,9	0,29
„	„	8	1 : 5	49,8	0,25
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	17. VI.	6	1 : 5	24,3	0,17
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	6	1 : 5	40,1	0,28

gestellt, so wurde die Saugflasche an die Bürette angesetzt und mit ihrer Hilfe etwa 100 ccm der Flaschenluft in die Bürette übergeführt. Ein hierbei in der Bürette entstehender luftverdünnter Raum wurde durch Eintritt von Wasser aus dem Näpfchen wieder ausgeglichen.

Es zeigte sich, daß eine Menge Sauerstoff verschwunden und Kohlensäure gebildet worden war. Eine genaue quantitative Analysierung der Gesamtkohlensäure, wozu die im Wasser absorbierte gehörte, wurde unterlassen.

Die danach erhaltenen Werte für die Sauerstoffzehrung waren viel größer als bei Spitta. Die Versuche, die ich mit Abwasser, mit Verdünnungen davon und mit Flußwasser vornahm, ergaben, wie die Tabelle 7 zeigt, deutliche Unterschiede voneinander. Während Spitta durch seine Versuche im Spree- und Havelwasser eine Sauerstoffzehrung von 0,005 bis 0,076 ccm für 1 l und 1 Stunde erhielt, bekam ich nach

meiner Untersuchungsmethode z. B. aus Wasser der Regnitz oberhalb des Kanaleinlaufs der Stadt Erlangen eine Sauerstoffzehrung von 0,17 ccm, unterhalb 0,22 ccm für 1 Stunde und 1 l Wasser[1]).

Diese Resultate stammen aus Proben, die 8 Tage lang mit Luft im Verhältnis 1:10 in verschlossenen Flaschen sich selbst überlassen worden waren.

Da, wie erwähnt, Spitta bei verdünntem Kanalwasser gefunden hatte, daß unter Luftabschluß der Abfall der Sauerstoffmenge in den ersten 24 Stunden rapid vor sich ging, habe ich die Luft über einer Abwasserprobe zu verschiedenen Zeiten geprüft. Dazu verteilte ich sie in 5 Flaschen und stellte den Sauerstoffgehalt in der beschriebenen Weise zu 5 verschiedenen Zeiten fest; das Ergebnis war folgendes:

Nach Tagen	Gesamtzehrung an O für 1 l in ccm	Durchschnittlich für 1 Stunde in ccm
2	135,4	2,82
4	194	2,02
8	289	1,51
10	292	1,22
47	496	0,44

Auch hier fiel das Maximum der Sauerstoffzehrung auf den Anfang, der Abfall ging aber allmählich vor sich.

Man könnte annehmen, daß diese Verlangsamung ihren Grund in dem immer geringer werdenden Sauerstoffvorrat habe. Das trifft aber nicht zu, weil dieses Gas, wenn auch sein Partialdruck geringer wurde, immer noch in genügender Menge zur Verfügung stand, um das Leben der Mikroorganismen und ihre physiologischen Leistungen ungeschwächt zu erhalten. Denn der Sauerstoff war in den verschiedenen Versuchen bei

[1]) Bei diesen Untersuchungen diente mir B. Neumanns Gasanalyse und Gasvolumetrie (1901) als Leitfaden. Für genaue Gasanalysen ist besonders darauf zu achten, daß das Sperrwasser Zimmertemperatur besitzt; ferner muß vor dem Abstehen stets der Überdruck des Gases mit dem unteren Hahn reguliert werden, damit kein Gas entweicht. Das Ablesen hat nach einer genau einzuhaltenden Zeit von 3 Minuten zu geschehen.

ein- bis mehrwöchentlicher Beobachtungsdauer niemals ganz aufgebraucht; es waren immer noch 10 und mehr Volumprozente in der Luft der Flasche vorhanden.

Die Abnahme der Zersetzungsvorgänge ist aber jedenfalls darin zu suchen, daß die Tätigkeit der Mikroorganismen durch Ausfaulung der Flüssigkeit abnimmt. Einen Beweis dafür bringt folgende Zusammenstellung von Bakterienzählungen in einer Flasche, die mit Abwasser in der in Rede stehenden Art und Weise aufgestellt worden war.

Es fanden sich:

	Keime
Sofort nach der Entnahme	3395000
Nach 1 Tage	10579000
„ 2 Tagen	11484000
„ 4 „	8721000
„ 6 „	5569000
„ 12 „	3263000
„ 17 „	3240000
„ 20 „	2801000

Es lag mir ferner daran, zu erfahren, welche Veränderungen in chemischer Beziehung in der abgeschlossenen Flasche vorgehen. Zu diesem Zwecke untersuchte ich eine Probe von verdünntem Abwasser 1:10, die am 3. Februar 1904 entnommen und 7 Tage in der umgekehrten Flasche unter Luft aufbewahrt worden war, auf Gehalt an Gesamtabdampfrückstand und Glühverlust; eine weitere ähnliche Probe vom 8. März 1904 auf Gesamtfett, Gesamtstickstoff, organischen Stickstoff und auf Oxydierbarkeit; in beiden Fällen auch auf den Sauerstoffgehalt der überstehenden Luft.

	Am 3. II. mg	Am 10. II. mg	Abnahme in %
Gesamtabdampfrückstand	711	540	24
Glühverlust	390	197	49
Glührückstand	321	342	Zunahme 7%
Sauerstoffzehrung in 7 Tagen	—	278 ccm im l	—
Sauerstoffzehrung in 1 Stunde	—	1,65 ccm im l	—

	Am 8. III. mg	Am 15. III. mg	Abnahme in %
Gesamtfett	86,3	43,9	49,5
Gesamtstickstoff	56,56	56,48	—
Organischer Stickstoff	21,24	14,30	33
Oxydierbarkeit (Verbrauch an Kaliumpermang.)	230,7	98,0	57,5
Sauerstoffzehrung in 7 Tagen .	—	292,6 ccm im l	—
Sauerstoffzehrung in 1 Stunde .	—	1,73 ccm im l	—

Hieraus hat sich auch im Laboratoriumsversuch der Vorgang der Mineralisierung erkennen lassen; das Wasser hat in der Flasche eine Reinigung erfahren, ohne daß neue Luft Zutritt hatte; selbstverständlich werden dabei Anaërobier mit am Werke gewesen sein, solche werden auch in einer offenstehenden Flasche nicht fehlen, denn bei Gegenwart von Aërobiern können selbst die strengsten Anaërobier leben und ihre Wirkung entfalten.

Um den Unterschied im Mineralisierungsvorgang zu erfahren, habe ich eine Abwasserprobe nach 10tägigem Stehen offen an der Luft, sowie eingeschlossen in eine Flasche mit Luft im Verhältnis von 1:10 untersucht und folgende Zahlen erhalten:

	Sogleich nach der Entnahme	Nach 10 Tagen	
		offen	in der Flasche
Gesamtabdampfrückstand . .	785	470 = 40,1 % Abnahme	556 = 29,1 % Abnahme
Glühverlust . .	385	115 = 70,1 % „	150,5 = 60,8 % „
Glührückstand .	400	355	406
Oxydierbarkeit . (mg $KMnO_4$)	376	60,6 = 84,0 % „	75,8 = 79,8 % „

Beim Stehen unter freiem Luftzutritt ist also die Selbstreinigung etwas günstiger beeinflußt gewesen als in der abgeschlossenen Flasche, sehr groß war aber der Unterschied nicht.

Ferner suchte ich die Verhältnisse anstatt in einem Abwasser in einem ausgesprochen gärfähigen Substrat nach Zusatz von Gärungserregern zu ermitteln und nahm mit Wasser

im Verhältnis 1:300 verdünnte Bierwürze, der ich etwas Preßhefe zusetzte, ließ sie in gleicher Weise in der abgeschlossenen und umgestürzten Flasche gären und bestimmte die Sauerstoffzehrung und die Änderung der chemischen Zusammensetzung der Nährlösung nach einem Zeitraum von 10 und 36 Tagen.

	Vor dem Ansetzen mg	Nach 10 Tagen mg	Abnahme %	Nach 36 Tagen mg	Abnahme %
Abdampfrückstand .	2021,5	1445	28,5	817,5	59,5
Glühverlust	1794	1217	32	580	67,7
Glührückstand . . .	227,5	228	—	237,5	—
Oxydierbarkeit . . .	224,4	135,9	39,4	83,11	62,9
Sauerstoffzehrung . .	—	421 ccm	—	1136 ccm	—
Sauerstoffzehrung . .	—	1,75 ccm	(1 Stunde)	1,31 ccm	(1 Stunde)

Wie zu erwarten, ließen sich in diesem Versuche im Prinzip ähnliche Verhältnisse feststellen, wie wenn man Abwasser der Tätigkeit der in ihm enthaltenen Mikroorganismen überläßt, wenn auch die prozentische Abnahme bei der Verschiedenheit von Mikroorganismen und Nährboden verschieden war; in der gärenden Würze ist sie im Laufe von 10 Tagen wesentlich gegeringer gewesen als in faulendem Sielwasser.

Was nun die Erfolge betrifft, die die beschriebene Methode für die Beurteilung der Flußwasserverunreinigung hatte, so geht aus Tabelle 7 hervor, daß Flußwasser, am 17. Juni 1904 oberhalb des Kanaleinflusses entnommen, eine Sauerstoffzehrung von 24,3 ccm in 6 Tagen für 1 l zeigt, unterhalb des Kanaleinflusses 40,1 ccm. Dies entspricht einer stündlichen Sauerstoffzehrung im ersten Falle von 0,17 ccm im Liter, im anderen Falle von 0,28 ccm im Liter. Es ließ sich also ein deutlicher Unterschied in den Verhältnissen von oberhalb gegenüber unterhalb des Kanaleinflusses nachweisen und so ein Aufschluß über die Verunreinigung gewinnen.

Außerdem kann die Untersuchung als Ergänzung bei der bakteriologischen Keimzählung dienen. Rubner[1]) hat bereits

[1]) Rubner, M., Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flußverunreinigung. Archiv für Hygiene, Bd. 46, S. 11.

darauf hingewiesen, daß die Vermehrung der Keimzahl durch harmlose oder gleichgültige Wasserbakterien bedingt sein kann, denen eine besondere Wirkung hinsichtlich der Verunreinigung nicht zukommt. Soweit die Reinigung des Wassers in Frage kommt, werden sie in der Flasche ihre Tätigkeit entfalten. Was also der bakteriologischen Untersuchung entgeht, nämlich die Einblicke in die Leistung der vorhandenen Bakterien bezüglich der Zersetzung organischen Materials, das wird durch die vorliegende Untersuchungsmethode ergänzt, denn wir sehen hier die Ergebnisse der Tätigkeit der Mikroorganismen.

Natürlich werden erst weitere Nachprüfungen darüber Aufschluß geben können, ob tatsächlich die Methode, die sehr einfach auszuführen ist, für die Gewinnung eines Einblickes in die Verhältnisse einer Flußverunreinigung etwas leistet oder nicht.

Ich versuchte schließlich die Methode der Sauerstoffzehrung auch für den Flußboden zu verwerten.

Zu diesem Zwecke verfuhr ich folgendermaßen: Von Flußboden, den ich mit dem Schleppnetz oberhalb und unterhalb des Kanaleinflusses entnommen hatte, wog ich 500 g ab, stellte in einem Meßzylinder das Volumen fest und spülte dann den Boden mit 100 ccm destilliertem Wasser in eine Flasche von bekanntem Inhalt. Das Verhältnis von Boden zu Luft war nun bekannt. Behufs Umrechnung auf 1 kg getrockneten Boden bestimmte ich noch den Wassergehalt und Siebrückstand. Hierauf wurde die Flasche verschlossen, 8 Tage bei Zimmertemperatur umgekehrt aufgestellt und dann der Sauerstoffgehalt in ihr mit der Bunteschen Bürette ermittelt. Es ergaben sich folgende Resultate:

	Verzehrte ccm Sauerstoff:			
	vom 5. V. bis 13. V.	vom 14. V. bis 22. V.	für 1 Stunde und 1 kg	für 1 Stunde und 1 kg
	I	II	I	II
Flußboden oberhalb	231,8	208,7	1,20	1,09
Flußboden unterhalb	383,8	341,4	2,0.	1,78

Es haben sich also auch beim Flußboden deutliche Unterschiede in der Sauerstoffzehrung oberhalb gegenüber unterhalb des Kanaleinlaufs ergeben.

Schlufs.

Aus den vorliegenden Darstellungen ist ersichtlich, daß die Verunreinigungen, die die Regnitz durch die Einmündung des Erlanger Hauptsiels erfährt, bereits 50 m weiter abwärts nicht so beträchtlich sind, als man nach der Größe der Stadt voraussetzen könnte. Sicherlich ist der Umstand günstig, daß der größte Teil der menschlichen Fäkalien nicht in den Fluß gelangt. Mit der Einrichtung der Abfangung der Klosettabwässer in Gruben hängt es auch wohl zusammen, daß nicht so sehr viel größere Schwimmstoffe im Fluß gesehen werden, wie man in Städten beobachtet, die Vollkanalisation haben und ihre Abwässerung ungereinigt in den Fluß gehen lassen. Immerhin wäre zu wünschen, daß wenigstens die gröberen Schwimmstoffe, die noch trotz jener Abfangung in den Vorfluter gelangen, und auch feinere vor dem Einlauf des Sielwassers beseitigt würden.

Was den Verschmutzungsgrad, den der Fluß durch die Abwässer Erlangens erleidet, anbetrifft, so ist nach den hier niedergelegten Untersuchungen nicht anzunehmen, daß er sich auf weite Strecken besonders nachteilig und sinnfällig bemerkbar macht; die Verdünnung, die auf 1:315 bei Niederwasser berechnet wurde, ist nicht gering, und die Geschwindigkeit des Flusses ist groß genug, um die Schmutzstoffe fortzuschaffen, vermutlich aber nicht so groß, um sie auf sehr weite Strecken hin zu verteilen.

Die oft schmutzige Farbe der Regnitz ist schon oberhalb Erlangens vorhanden und dürfte wohl hauptsächlich den dort liegenden größeren Städten zuzuschreiben sein, deren Abwässern gegenüber die von Erlangen gering anzusehen sind. Weiteren Untersuchungen soll es, wie erwähnt, vorbehalten bleiben, ein Urteil zu gewinnen, wie groß die Verunreinigung durch die übrigen anliegenden Städte ist, und ob die durch die Erlanger Abwässer bedingte Verunreinigung sich tatsächlich nicht auf weitere Entfernungen hin bemerkbar macht.

Es bleibt mir zum Schlusse noch übrig, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. L. Heim, unter dessen liebenswürdiger Leitung und Unterstützung vorliegende Arbeit entstanden ist, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Ferner danke ich Herrn Professor Dr. H. Solereder für die gütige Übernahme des Referats aufs beste.

Lebenslauf.

Ich, Walther Preu, geboren den 3. Dezember 1873 zu Künzelsau in Württemberg, evangelisch, als Sohn des jetzigen k. Regierungsrats und Oberamtmanns Richard Preu und seiner Gemahlin Julie geb. Walther, in Tübingen, besuchte die Volksschule in Aalen, sodann das Reallyzeum in Gmünd; im Jahre 1888 erhielt ich das Befähigungszeugnis zum einjährig-freiwilligen Dienst und im folgenden Jahre die Reife für Unterprima.

Im Frühjahr 1892 trat ich in die Lehre bei Apotheker Bader in Oberndorf; im Frühjahr 1895 bestand ich die Apothekergehilfenprüfung in Stuttgart. Hierauf konditionierte ich in verschiedenen Apotheken in Zofingen (Schweiz), Sterkrade, Herbede und Ettlingen.

Im Sommersemester 1898 und im Wintersemester 1898/99 studierte ich in Tübingen, im Sommersemester 1899 in Münster Pharmazie. Die pharmazeutische Approbationsprüfung bestand ich am 15. November 1899 in Münster. Vom 1. Oktober 1900 bis 1. Oktober 1901 genügte ich meiner Militärpflicht in Mannheim. Im Frühjahr 1902 bezog ich wieder die Universität Münster, wo ich zugleich Assistent an der landwirtschaftlichen Versuchsstation, die unter Leitung von Herrn Professor Dr. J. König steht. Vom Frühjahr 1903 ab studierte ich 3 Semester in Erlangen; während dieser Zeit entstand die vorliegende Arbeit.